

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия»

На правах рукописи

Чаицкий Алексей Александрович

**Продуктивность и биологическая эффективность коров костромской породы  
разных генотипов CSN2 и CSN3**

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

4.2.5 Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

Научный руководитель:  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор, заведующий кафедрой  
частной зоотехнии, разведения и генетики  
Баранова Надежда Сергеевна

Лесные Поляны

2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	9
1.1 Характеристика костромской породы крупного рогатого скота .....	9
1.3 Показатели биологической эффективности коров .....	30
1.4 Факторы, влияющие на молочную продуктивность коров .....	38
2 СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	45
2.1 Материалы и методика исследований .....	45
2.2 Результаты собственных исследований.....	52
2.2.1 Краткая характеристика предприятий.....	52
2.2.2 Частота встречаемости генотипов $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN у коров костромской породы .....	54
2.2.3 Молочная продуктивность и биологическая эффективность коров костромской породы.....	56
2.2.3.1 Молочная продуктивность коров с разными генотипами $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN .....	56
2.2.3.2 Биологическая эффективность коров с разными генотипами $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN .....	62
2.2.3.3 Биологическая эффективность коров разных генотипов $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN . при различной доле кровности по улучшающей породе.....	67
2.2.3.4 Биологическая эффективность коров разных генотипов $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN при различной живой массе первого плодотворного осеменения .....	73
2.2.3.5 Биологическая эффективность коров разных генотипов $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN . при различном возрасте первого плодотворного осеменения .....	80
2.2.3.6 Биологическая эффективность коров разных генотипов $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN при различной продолжительности сервис-периода .....	87
2.2.4 Воспроизводительная способность коров разных генотипов $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN при разном уровне продуктивности.....	94

2.2.5 Экономическая эффективность использования коров с разными генотипами $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN.....	99
ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	109
ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ.....	112
РЕКОМЕНДАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ .....	113
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	114
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	137
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ .....	146

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** В настоящее время одной из основных задач, стоящих перед отечественным животноводством, является обеспечение населения страны экологически чистой и безопасной продукцией. Для этого необходимо повышение эффективности производства, которая напрямую зависит от генетического потенциала крупного рогатого скота наиболее ценных отечественных пород и совершенствования их племенных и продуктивных качеств. При этом необходимо ориентироваться не только на увеличение объемов производимого молока, но и повышение его качества. Основной породой молочного направления продуктивности в России является черно-пестрая, улучшаемая родственными голштинскими быками. Однако эти животные изначально были выведены для получения преимущественно питьевого молока и по содержанию ценных веществ значительно уступают породам бурого корня, таким как костромская, улучшаемая родственной ей бурой швицкой породой различной селекции (Барышев А.А., 2004; Белокуров С.Г., 2018; Королев А.А., 2021).

Костромская порода крупного рогатого скота находится на 4 месте среди молочных и молочно-мясных пород страны, а по суммарной продукции молочного жира и белка за период хозяйственного использования она занимает первое место. Эти животные обладают уникальным генофондом, устойчивостью ко многим заболеваниям, а также высоким качеством молочной продукции, что делает их молоко ценным сырьем для производства высококачественных сыров, однако перед селекционерами стоит вопрос о более полном раскрытии их генетического потенциала. С этой целью в селекционной работе наиболее эффективным является использование ДНК-маркеров молочной продуктивности наряду с традиционными методами, а также применением коэффициентов, определяющих уровень биологической эффективности животных разных генотипов. Это позволит повысить качество отбора и подбора коров, сохранить ценный генофонд популяций, в полной мере раскрыть потенциал породы, а

также увеличить объем производимой продукции и повысить ее качество (Сулимова Г.Е., 2011, 2014; Тяпугин С.Е., 2022, Калашникова Л.А., 2022).

**Степень разработанности темы.** По данным научной литературы установлено, что учеными проводились исследования генетических маркеров в селекционной работе с крупным рогатым скотом костромской породы (Сулимова Г.Е., Перчун А.В., Сабетова К.Д., Щеголев П.О., Подречнева И.Ю. и др.), однако отсутствуют данные комплексного анализа продуктивности и биологической эффективности коров с разными генотипами генов бета-казеина (CSN2,  $\beta$ -CN) и каппа-казеина (CSN3,  $\kappa$ -CN) с учетом различных факторов.

#### **Цель и задачи исследований.**

Цель исследования – Оценка молочной продуктивности и биологической эффективности коров костромской породы с разными генотипами  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN.

Задачи исследования:

1. Проанализировать частоту встречаемости аллелей и генотипов генов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN у коров костромской породы.
2. Изучить молочную продуктивность коров с разными генотипами генов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN.
3. Изучить биологическую эффективность и эффективность использования корма у коров с разными генотипами  $\beta$ -CN,  $\kappa$ -CN.
4. Изучить влияние доли крови по улучшающей породе, живой массы и возраста первого плодотворного осеменения, продолжительности сервис-периода на молочную продуктивность и биологическую эффективность коров разных генотипов генов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN.
5. Изучить показатели воспроизводительной способности коров с разными генотипами  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN при разном уровне удоя.
6. Рассчитать экономическую эффективность использования коров с разными генотипами  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN.

**Научная новизна.** Впервые генотипирование крупного рогатого скота костромской породы проведено методом полимеразной цепной реакции в

реальном времени (ПЦР-РВ) с автоматической интерпретацией результатов. Впервые проведена комплексная оценка продуктивности, биологической эффективности и эффективности использования корма костромской породы коров с разными генотипами генов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN с учетом доли кровности по улучшающей породе, продолжительности сервис-периода, живой массы и возраста при первом плодотворном осеменении.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Проведенные исследования позволили получить данные о достоверном влиянии генотипов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN на молочную продуктивность и биологическую эффективность коров костромской породы. Установлено достоверное влияние доли крови по улучшающей породе, живой массы и возраста первого плодотворного осеменения, продолжительности сервис-периода на показатели молочной продуктивности и биологической эффективности коров с разными генотипами  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN. Определена целесообразность использования коров костромской породы, имеющих в своем геноме аллели  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>B</sup>, для повышения их биологической эффективности. Полученные результаты могут быть применены при составлении программ селекционно-племенной работы с костромской породой в целях ее сохранения или совершенствования, а также в образовательном процессе по направлениям подготовки 36.03.02 Зоотехния, 36.04.02 Зоотехния (уровень магистратуры), по специальностям 4.2.4 Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства и 4.2.5 Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных.

**Методология и методы исследований.** В ходе работы проведены генетические исследования крупного рогатого скота костромской породы для определения SNP-полиморфизма  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN. Изучены показатели молочной продуктивности, биологической эффективности и эффективности использования корма коров разных генотипов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN с учетом доли крови по улучшающей породе, живой массы и возраста первого плодотворного осеменения и продолжительности сервис-периода. При

выполнении работы использованы общенаучные (анализ, синтез, индукция, дедукция, конкретизация, системный анализ), зоотехнические (поисковые исследования, научно-хозяйственный эксперимент) и молекулярно-генетические методы исследования (ПЦР-РВ) с применением современных компьютерных программ Microsoft Excel 2016, ИАС «СЕЛЭКС».

#### **Положения, вносимые на защиту.**

1. Частота встречаемости аллелей и генотипов генов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN у коров костромской породы.
2. Влияние генотипов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN на молочную продуктивность и биологическую эффективность коров костромской породы.
3. Влияние доли крови по улучшающей породе, живой массы и возраста при первом плодотворном осеменении и продолжительности сервис-периода на молочную продуктивность и биологическую эффективность костромской породы коров с разными генотипами  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN.
4. Воспроизводительные качества коров костромской породы с разными генотипами генов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN при разном уровне удоя.
5. Экономическая эффективность использования коров костромской породы с разными генотипами  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN.

#### **Степень достоверности и апробация результатов исследований.**

Степень достоверности подтверждается результатами биометрической обработки данных. Результаты научных исследований были представлены на: 71-ой научно-практической конференции в ФГБОУ ВО Костромская ГСХА «Актуальные проблемы науки в АПК» (г.Кострома, 2020); II этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России Центрального федерального округа в номинации «Сельскохозяйственные науки» (г.Курск, 2020); XII международной студенческой конференции «студенческий научный форум 2020» (г.Москва, 2020); VI Международной студенческой научной конференции «Междисциплинарный научный форум» (г.Москва, 2020); 72-ой научно-

практической конференции Костромской ГСХА «Актуальные проблемы науки в АПК» (г. Кострома, 2021); V Международной студенческой научной конференции «Междисциплинарный научный форум» (г. Москва, 2021); II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь. Наука. Инновации» (г. Ярославль, 2021); круглом столе областного форума научной молодежи «Шаг в будущее» (г. Кострома, 2021); III этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди аспирантов и молодых учёных высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (г. Саратов, 2021); 73-й Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием «Стратегические направления развития агропромышленного комплекса» (г. Кострома, 2022); II этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России Центрального федерального округа (г. Иваново, 2022); III этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации в номинации «Зоотехния» (г. Рязань, 2022).

Биометрическая обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения Microsoft Excel в среде Windows 10 и программы ИАС «СЕЛЭКС».

По материалам диссертации опубликовано 15 научных работ, из них 3 в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, в которых отражены основные положения и результаты диссертационной работы.

**Объем и структура диссертации.** Диссертационная работа изложена на 148 страницах. Состоит из введения, основной части, содержащей 30 таблиц, 5 рисунка, заключения, списка литературы (включает 193 источника, в том числе 45 на иностранных языках) и 4 приложения.



## 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Характеристика костромской породы крупного рогатого скота

Костромская порода крупного рогатого скота относится к породам бурого корня и обладает уникальным генофондом, наделившим этих животных устойчивостью ко многим заболеваниям (лейкоз, бруцеллез и др.), крепкой конституцией, способностью легко адаптироваться к тяжелым климатическим условиям России и высоким качеством молочной продукции с отличительными технологическими свойствами. Эти животные занимают 4-ое место среди молочных и молочно-мясных пород России по величине молочной продуктивности и 1-ое место – по суммарной продукции молочного белка и жира (Лягин Ф.Ф., Бадин Г.А. 2004).

На протяжении нескольких десятилетий, в период с 1834 по 1944 гг., проводился основной массив мероприятий по созданию костромской породы крупного рогатого скота, которые, по данным А. Б. Ружевского, Ю. Д. Рубана и П. П. Бердника, разделили на семь этапов (Рубан Ю.Д., 2003).

На первом этапе, проходившем в начале XIX в., производилось скрещивание местного маточного поголовья с быками холмогорской породы.

Второй этап пришелся на вторую половину XIX в. В это время, в Костромскую губернию привозили производителей вильстермаршской, айрширской, бурой швицкой пород и симментальской. В результате их использования возникли две популяции помесей – бабаевского и мисковского скота. Бабаевский крупный рогатый скот отличался высоким уровнем молочной продуктивности и имел светло-серую и светло-бурую окраску, при этом мисковский скот был преимущественно красно-пестрым и при невысоких удоях отличался хорошей жирномолочностью (Соболева Н.В. и др., 2010; Власов П.Г., 1933).

В 1899-1910 гг. проходил третий этап, в ходе которого наиболее обширно использовались быки бурой швицкой породы, которые были привезены из Швейцарии и Петровско-разумовской сельскохозяйственной академии. В итоге были получены помесные животные, в дальнейшем разводимы «в себе».

В период с 1911-1912 гг. отмечают четвертый этап, в ходе которого повторно использовали швицких быков с помесями первых поколений с целью поглотительного скрещивания.

Пятым этапом считается период с 1912 по 1918 гг. Он характеризуется использованием швицких быков различной селекции на бабаевской группе коров.

Шестой этап проходил с 1918 по 1929 гг. В этот период был создан совхоз «Каравaeво», где проводилась целенаправленная племенная работа по созданию высокопродуктивного стада. Для достижения поставленных целей, в 1925-1926 гг. в совхоз завозились быки из стада Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева, ставшие родоначальниками заводских линий и родственных групп костромской породы, таких как Сима КТКС-85, Сурового КТКС-87, Силача КТКС-84, Салата КТКС-83, Ника ИКС-54, Ограда ВДКС-24 (Костромская порода двойной продуктивности, 2010).

Спустя несколько лет, на протяжении седьмого этапа (1930-1940 гг.) совхоз «Каравaeво» был переоформлен как племенное хозяйство, а в дальнейшем преобразован в племенной завод. В 1934 году был организован госплемрассадник, созданный на базе племенных ферм Костромского и Нерехтского районов. Также в ходе данного этапа на предприятиях усовершенствовали методы племенной работы и зоотехнического контроля. Так было введено мечение коров, появились заводские книги, в которых вели первичный учет и проводили племенную оценку животных, организован ежемесячный контроль удоя и содержания жира в молоке коров, а также улучшили кормовую базу (Горский Н.А., 1952).

Однако некоторое время спустя селекционеры обнаружили, что использование исключительно швицких быков начало приводить к снижению содержания жира в молоке, и единственным верным решением было – применять разведение «в себе», систематически используя помесных быков. Именно так начал формироваться основной массив костромской породы крупного рогатого скота (Штейман С.И., 1948; Шаумян В.А., 1948;

Митропольская А.Д., 1950; Ильинский А.А., 1985; Баранов А.В., 1997; Шалугин Б.В., 2011; Матрос В.П., 2014).

В дальнейшем происходило формирование генеалогической структуры костромской породы, основанной на размножении потомков высокоценных животных, таких как Беляна, Послушница II, Комета и Симпатия, разводимых в лучших племенных стадах (Баранова Н.С., Баранов А.В., Глущенко И.Ю., 2018).

Хороший иммунитет и адаптационные способности животные костромской породы получили благодаря разработке нового, на тот момент, метода «холодного» выращивания молодняка в неотопливаемых помещениях. Кроме этого, в процессе выведения костромской породы была организована подготовка нетелей к отелу и проведен раздой первотелок. В итоге в племенном совхозе «Каравеево» удой на одну фуражную корову достиг 6310 кг молока. Подобные изменения наблюдались в популяциях скота всего Костромского госплемрасадника (Штейман С.И., 1948; Шаумян В.А., 1948; Митропольская А.Д., 1950; Ильинский А.А., 1985; Баранов А.В., 1997; Шалугин Б.В., 2011).

По официальным данным работа по созданию костромской породы крупного рогатого скота была завершена в 1944 году. Приказ №1121 по Народному Комиссариату земледелия Союза СССР гласил: «Присвоить наименование «костромская» вновь выведенной породе крупного рогатого скота с ведущим селекционным стадом в племенном совхозе «Каравеево». Новая порода превосходила все молочные породы зарубежных стран и отличалась количеством и качеством продукции, энергией роста, хорошей плодовитостью, здоровьем и иммунитетом, крепостью конституции и стойкостью передачи признаков потомству, как отмечал Е. Ф. Лискун (1934). Авторами данной породы признаны С.И. Штейман, В.А. Шаумян, Н.А. Горский, А.Д. Митропольская и П.А. Малинина.

Новая, на тот момент, порода крупного рогатого скота быстро набрала заслуженную популярность и начала активно распространяться в различных зонах страны и за рубежом. По данным А.А. Ильинского (1985), уже к 1974 году поголовье животных костромской породы увеличилось с 18 до 865 тыс.

голов и многие коровы стали рекордистками по долголетней продуктивности. По данным ряда авторов (Шаумян В.А., 1948; Митропольская А.Д., 1950), пожизненный удой коров Опытница, Краса, Катя бы более 100 тыс. кг, а содержание жира в молоке достигало 5,0%. При этом суточный удой доходил до 65 кг.

В период с 1945 по 1949 гг. костромскую породу начинают разводить в ближайших регионах (Ивановская, Владимирская, Витебская, Могилевская области) и Татарской и Марийской АССР, а в республике Закавказья и Киргизской ССР животных данной породы использовали для выведения кавказкой бурой породы (Всяких А.С., 1981). В Белоруссии костромскую породу крупного рогатого скота использовали при создании алатауской породы (Ильинский А.А., 1985).

По данным Н.Г. Дмитриева (1978), костромскую породу разводили в Северной Корее, Китае, Индии, Монголии, Белоруссии и Венгрии. Скрещивая быков костромской породы, завезенных из племенного завода «Караваяево» с коровами венгерской пестрой породы, получали помесей с величиной удоев 5000-6000 кг молока за лактацию, что превышало удои чистопородных животных пестрой венгерской породы более чем на 1000 кг.

Селекционно-племенная работа с костромской породой включала в основном традиционные методы, такие как разведение по линиям, проверка быков производителей по качеству потомства, а также выявление и дальнейшее использование быков-улучшателей (Королев А.А., 2021). В настоящее время, совершенствование этой породы в большинстве случаев ограничивается аналогичными методами.

В ходе совершенствования костромской породы был создан заводской молочный тип – Караваяевский КК-1, утвержденный приказом Министерства сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации №119 от 25 мая 1944 года. Этот тип получили посредством использования быков бурой швицкой породы американской селекции в качестве улучшающей. Авторами являются 13 человек, в том числе А.Л.

Соколов – на тот момент ректор Костромского сельскохозяйственного института, доктор сельскохозяйственных наук, профессор; А.В. Баранов - заведующий проблемной научно-исследовательской лабораторией (Селекционный центр), кандидат сельскохозяйственных наук; А.А. Ильинский - профессор Костромского сельскохозяйственного института; И.П. Примакин - заведующий кафедрой разведения сельскохозяйственных животных и генетики Костромского сельскохозяйственного института, доктор сельскохозяйственных наук, профессор и другие. Продуктивность 1504 коров нового заводского типа по наивысшей лактации составила 6008 кг молока, с содержанием жира 4,03%, белка 3,69%. В том числе, удой 786 коров стада ГПЗ «Каравоево» достиг 6228 кг молока, а 718 коров стада учхоза «Костромское» - 5703 кг (Потепалова В.Г., 1995; Баранов А.В., 1997; Потепалова В.Г., 2004; Шалугин Б.В., 2011).

Высокопродуктивные коровы и коровы-рекордистки определяют генетический и биологический потенциал костромской породы. В ведущих племенных заводах Костромской области были выращены и раздоены до рекордных показателей продуктивности более 100 животных, удои которых превышали 9000 кг молока за лактацию. Среди этих животных наиболее высокие показатели были у коровы Луза 2484 (удой – 11827 кг, МДЖ – 3,96%, МДБ – 3,36% за I лактацию), Догадка 1128 (удой – 10115 кг, МДЖ – 4,26%, МДБ – 3,59% за II лактацию), Барменша 8597 (удой – 12326 кг молока, МДЖ – 3,61%, МДБ – 3,36% за 4 лактацию) и Тюль 1235 (удой – 11283, МДЖ – 3,77%, МДБ – 3,39% за I лактацию), которая была представлена в 2010 году в г. Москва на ВДНХ (Баранов А.В. и др, 2019).

Имея высокие показатели молочной продуктивности и качество молочной продукции, животные костромской породы характеризуются крепкой конституцией, устойчивостью к заболеваниям и сложным климатическим условиям, а так же увеличенными сроками продуктивного использования, по сравнению с другими породами, разводимыми в Костромской области (Саморуков Ю. и др, 2009, 2011, 2013).

Чистопородные коровы костромской породы отличаются высокой пожизненной продуктивностью. Так, корова Доставка 6922 стада племенного завода «Каравачево» является рекордисткой по пожизненному удою. За 10 лактаций от этой коровы было получено 102427 кг молока с содержанием жира 3,95% и молочного жира – 4016 кг (Баранова Н.С. и др., 2018). Также животные этой породы отличаются длительным сроком хозяйственного использования (5,88 лактации) и по данным Д. С. Казаков и С. Г. Белокуров (2018) превосходят животных импортной селекции по продуктивному долголетию на 0,05-1,62 лактации ( $P < 0,05-0,001$ ), а по пожизненному удою на 422-9422 кг молока ( $P < 0,05-0,001$ ). Как отмечают авторы, средняя продолжительность хозяйственного использования коров в России составляет – 3,48 отела, а в Костромской области – 3,83 отела, за счет активного разведения костромской породы коров, продолжительность использования которой составляет 4,26 отела. При этом у айрширской породы этот показатель составляет в среднем 2,20 отела, черно-пестрой – 3,0, а ярославской – 4,40.

В исследованиях В.К. Чернушенко (2009), А.Е. Луценко (2009), Б.В. Шалугина (2011) и многих других не раз акцентировалось внимание на том, что экстерьер и конституция является важной частью комплексной оценки животных, а корреляционные связи между экстерьером и молочной продуктивностью могут быть эффективно использованы в селекционно-племенной работе с крупным рогатым скотом костромской породы (Красота В.Ф. и др., 1976; Лебедько Е.Я., 1995; Жебровский Л.С., 2002; Богданова Т.В., 2004; Барышев А.А. 2004; Глуценко М.А. и др., 2005; Чернушенко В.К., 2009; Луценко А.Е., 2009; Шалугин Б.В., 2011; Складенко Ю.И. и др., 2012; Хмельничий Л.М., 2012; Кахикало В.Г. и др., 2013; Weigel К.А. и др., 1994, 2002; Wiggans G.R., 1997).

Хорошие адаптационные способности животных костромской породы обоснованы крепкой конституцией и прочным копытным рогом, как отмечают в своих работах Т.В. Богданова, Т. А. Мошихина Т. А., М.

А. Глущенко и многие другие (Богданова Т.В. и др., 2004, 2005; Глущенко М.А. и др., 2005).

Положительную корреляцию между удоем первотелок костромской породы за 305 дней лактации и высотой в холке ( $r=0,208$ ) определил М. А. Глущенко и др. (2005) в своих исследованиях, проведенных на базе ОПХ «Минское» Костромской области. При этом корреляция между удоем и косой длиной туловища составила 0,175, а удоем и шириной в седалищных буграх – 0,283, как отмечает автор.

А. С. Давыдовой и др. (2007), на примере стада ОПХ «Ленинское» Костромской области, была установлена положительная взаимосвязь величины удоя за 305 дней лактации и косой длиной туловища и обхватом груди за лопатками и высотой в крестце (от  $r=0,26$  до  $r=0,33$ ).

Не менее важная особенность костромской породы коров – многоплодность. В ходе исследований Н.С. Барановой (2002) было установлено, что на 30 тыс. отелов приходится 2,4% многоплодных. При этом, как отмечает автор, более 30% многоплодных коров в год отела двойней имели рекордные показатели продуктивности, а телята, рожденные в числе двоен, имели более высокую энергию роста и к 6-10 месячному возрасту достигали массы своих однойцовых сверстников. Использование многоплодных коров в стаде способствует увеличению выхода телят и объемов молочной продукции.

На данный момент костромская порода крупного рогатого скота по-прежнему представляет особенный интерес благодаря ценному генофонду, накопленному за долгие годы направленной селекционно-племенной работы на совершенствование хозяйственно полезных признаков. Данная порода пользуется спросом и разводится на территории Костромской, Владимирской, Ивановской, Московской и Тверской областях (Баранов А.А., 1997; Лягин Ф.Ф., 2000; Баранова Н.С., 2002; Позднякова В.Ф., 2005; бадин Г.А. и др., 2004; Сиротина М.В. и др., 2009; Примакин И.П., 2014; Сулимова Г.Е. и др., 2014; Шалугин Б.В.,

2011; Столповский Ю.А., 2014).

По данным Ежегодника ВНИИплем (2019) в настоящее время на территории Российской Федерации насчитывается 9371 гол. Костромской породы крупного рогатого скота, в том числе коров 5841 гол. При этом в племенных хозяйствах насчитывается 4982 гол, в том числе 3044 коровы.. Средние показатели составляют по России: удой – 5920 кг, МДЖ – 4,07%, МДБ – 3,21%; живая масса – 528 кг; по племенным предприятиям: удой – 6964 кг, МДЖ – 4,24%, МДБ – 3,30%, живая масса – 543 кг; по племенным репродукторам: удой – 6192 кг, МДЖ – 4,03%, МДБ – 3,24%, живая масса – 553 кг.

Коллективом авторов был разработан «План селекционно-племенной работы с костромской породой крупного рогатого скота Костромской области на 2015-2023 годы», составляющий основу работы по совершенствованию костромской породы в племенных заводах. Несмотря на это в последние годы наблюдается сокращение численности общего поголовья этих животных (Шалугин Б. В. и др., 2014). Так, с 2013 по 2019 годы, по данным А.А. Королева (2021), на 1834 головы снизилась общая численность маточного поголовья.

Генеалогическая структура костромской породы, как отмечают Б.В. Шалугин (2011), И.И. Кузьменков (2014), А.В. Баранов с соавт. (2019), в данный момент состоит из 5 заводских линий (Ладка КТКС-253, Курса ИКС-161, Пика КТКС-419, Салата КТКС-83, Каро КТКС-101) и 7 родственных групп (Мастера 106902, Меридиана 90927, Концентрата 106157, Леирда 71151, Батлера 107206, Хилла 76059, Орегона 086356), полученных путем использования швицких быков различной селекции.

А.А. Королева (2021) отмечает, что в период с 2013 по 2019 годы также наблюдается сокращение численности маточного поголовья родственных групп на 10,3%, с увеличением поголовья заводских линий на 1,3%. При этом значительно сократилась доля родственных групп: Лейрда 71151 – на 13,8%, Батлера 107506 – на 4,8% и Хилла 76059 – на



1,7%, но увеличилась доля заводских линий: Ладка 2537 – на 1,4%, Салата 1216 – на 0,7%. В то же время маточное поголовье линии Пика 387 уменьшилось до 3 голов.

Сегодня разведение животных данной породы по-прежнему осуществляется преимущественно традиционными способами – по линиям и посредством подбора выдающихся быков производителей и улучшателей. Этот метод во многом определяет объемы производимой продукции и ее качество. Однако в то же время, весьма трудоемок и занимает значительное количество времени и сопровождается серьезными проблемами, главная из которых – малая численность породы и сужение ареала распространения. Для того чтобы достичь наиболее высоких результатов, необходимо параллельно с традиционными методами вводить и современные, основанные на методах молекулярной генетики.

За последнее время методы генетических исследований, основанные на ДНК-диагностике и ДНК-маркерах, пользуются все большим спросом, особенно в развитых странах зарубежья (Соболева Н.В. и др., 2011). Они позволяют за относительно короткие сроки формировать стада из высокоценных животных, обладающих не только предрасположенностью к высоким удоям на генетическом уровне, но также и к отличительному качеству молочной продукции с точки зрения ее питательности. На данный момент известно множество ДНК-маркеров, позволяющих вести направленную селекцию, наиболее значимыми из которых являются гены бета- и каппа-казеина (Галлямова А.Р. и др., 2008).

Ряд авторов (Королева А.А., 2021; Сулимовой Г. Е. с соавт., 2008, 2011, 2014; Баранова А.В. и Шалугина Б.В., 2011) отмечает, что геном костромской породы крупного рогатого скота содержит в высокой концентрации ценный аллель  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> (до 41%), определяющего сыропригодность молока и его технологические качества. Также среди бурых пород, в том числе и костромской, наблюдается высокая частота

встречаемости генотипа  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> (до 40,5%), обуславливающего диетические свойства и объемы молочной продукции, в то время как генотип  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> встречается с частотой 6%. Среди быков производителей черно-пестрой породы эти показатели составляют 33% и 16%, соответственно.

Таким образом, костромская порода крупного рогатого скота обладает хорошим иммунитетом, крепкой конституцией, устойчивостью к заболеваниям, высокими показателями молочной продуктивности и отличительными технологическими свойствами молочной продукции. Данная порода прошла длинный путь совершенствования, разнообразивший и сформировавший ценный генофонд. Дальнейшее совершенствование костромской породы с использованием этих знаний, позволит увеличить объемы производимой продукции высокого качества, улучшить племенные характеристики животных и обеспечить накопление уникальных генов в геноме этих животных.

## **1.2 Влияние генов $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN на молочную продуктивность коров**

На современном этапе развития сельского хозяйства отбор и подбор животных осуществляется преимущественно традиционными методами. Они очень трудоемкие, а селекционный эффект возможно будет оценить спустя 5 и более лет. Однако, интенсификация отрасли предполагает использование методов прогнозирования продуктивности в наиболее сжатые сроки. Последние достижения молекулярной генетики позволяют определять генетические маркеры, ассоциированные с хозяйственно-полезными признаками (удой, содержание жира и белка в молоке и др.) методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) на самом раннем этапе развития животных (Сибгатуллин Т.Х. и др., 2010). На данный момент, внимание многих исследователей направлено на маркерные гены

бета- и каппа-казеина, определяющие объемы, качественный состав и технологические свойства молока.

Белки молока содержат незаменимые аминокислоты и хорошо усваиваются в организме, поэтому они имеют большое значение в питании человека. Сложный белок казеин представлен несколькими фракциями:  $\alpha$ 1-;  $\alpha$ 2-;  $\beta$ - и  $\kappa$ -казеины. Фракции  $\alpha$ s и  $\beta$  обладают чувствительностью к ионам кальция, то есть сворачиваются при их наличии, а  $\kappa$ -казеин уникален тем, что коагулирует под действием сычужного фермента. Среди казеинов чаще всего встречаются  $\alpha$ s-казеин и  $\beta$ -казеин.

Ген бета-казеина ( $\beta$ -CN, CSN2) имеет 12 аллельных вариантов, Однако некоторые аллели вырабатывают белки, которые вызывают разные болезни в организме взрослого человека и детей. Так, группой ученых (Farrell H.M. Jr. и др., 2004) было предложено делить известные аллели в локусе бета-казеина ( $\beta$ -CN) на два семейства – A1 и A2. В семейство A1 входят пять аллелей, продукты которых являются ухудшателями молока ( $\beta$ -CN<sup>A1</sup>,  $\beta$ -CN<sup>B</sup>,  $\beta$ -CN<sup>C</sup>,  $\beta$ -CN<sup>F</sup>,  $\beta$ -CN<sup>G</sup>). Причем из пяти аллелей данного семейства, наибольшими ухудшателями молока коров, являются белки, образуемые мутантным  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> аллелем. В то же время A2 семейство представлено группой из семи аллелей:  $\beta$ -CN<sup>A2</sup>,  $\beta$ -CN<sup>A3</sup>,  $\beta$ -CN<sup>D</sup>,  $\beta$ -CN<sup>E</sup>,  $\beta$ -CN<sup>H1</sup>,  $\beta$ -CN<sup>H2</sup>,  $\beta$ -CN<sup>I</sup>, наиболее ценным из которых является  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> (Kaminski S. И др., 2007). Разница между  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> и  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> заключается в последовательности аминокислот в первичной структуре:  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> содержит в 67-й позиции аминокислоту гистидин, в то время как вариант  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> — пролин. При этом  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> – естественная для человеческого организма разновидность белка бета-казеина, а тип  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> возник в результате его природной генетической мутации. Рядом исследователей за последние 20 лет было установлено (Вудфорд К., 2018; Горлов И.Ф., 2016), что под действием пищеварительных ферментов из семейства белков  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> образуется бета-казоморфин-7, обладающий сродством к  $\mu$ -опиоидным и серотониновым рецепторам, которые в пищеварительной системе регулируют пропульсивную активность кишки,

продукцию слизи и нейропептидных гормонов. Гидролизаты казеина A1 увеличивают время транзита, продукцию слизи, потенцируют воспалительные изменения слизистой оболочки кишки за счет Т-клеточного иммунного ответа (Pal S. И др., 2015; Brooke-Taylor S. И др., 2017). Постоянное употребление молока A1 вызывает патологические нарушения в работе кишечника, ишемическую болезнь сердца, диабет, аутизм у детей и даже синдром внезапной смерти новорожденных (Elliott R.B. и др., 1999; Kaminski S. И др., 2007; Дубынин В.А. и др., 2010; Гуськова С.В., 2017; Вудфорд К., 2017; Марзанов Н.С. и др., 2020).

На частоту встречаемости мутантного аллеля  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> в популяции, как утверждают исследователи, оказывают влияние процессы формирования ее генетической структуры, в особенности такие факторы как генетическая генеалогия быка, эффект основателя линий, дрейф мутантного или нормального аллеля (Марзанов Н.С. и др., 2020). Причем, как пишет Н.С. Мерзанов с соавт. (2020), дрейф мутантного  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> аллеля, как внутри одного государства, так и между странами обусловлен искусственным отбором. Главной причиной такого явления служит жесткая селекция и широкое использование небольшой группы элитных быков-носителей  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> аллеля для искусственного осеменения большого массива коров, множественная овуляция и эмбриотрансплантация (МОЭТ). Поступление мутантного  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> аллеля в Россию происходит также за счет покупки не аттестованного племенного материала (животные, семя, эмбрионы).

Коровы аналогичным образом являются поставщиком мутантного аллеля, но в меньшей степени. В основном через них происходит накопление и сохранение в популяции  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> аллеля в виде гомозигот ( $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup>) или гетерозигот ( $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup>). Мутантный  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> аллель является кодоминантным фактором. Следует отметить, что это новое явление в диагностике аномальных аллелей в молочном скотоводстве. Ранее выявленные мутантные аллели, вызывающие наследственные болезни, встречались только в виде рецессивных факторов (Марзанов С.Н., 2012).

В то же время, причинами распространения мутантного  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> аллеля у пород крупного рогатого скота могли оказаться такие факторы, как высокий удой и бык-носитель, семя которого широко использовалось для осеменения коров. Профессор Вячеслав Альбертович Дубынин из МГУ им. М.В. Ломоносова предполагал, что опиоид бета-казоморфин 7 (БКМ-7) делает животных более спокойными, с ними было легче управляться. Спокойный нрав животных наиболее привлекателен для разведения в масштабах крупных предприятий, соответственно именно таких животных выбирали заводчики, что, в свою очередь, так же могло является одной из причин распространения аллеля  $\beta$ -CN<sup>A1</sup>. Поскольку коммерческие породы крупного рогатого скота, пораженные мутацией, получили широкое распространение в силу высокой молочной продуктивности по всему миру, коров с  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> белком стало намного больше. Также, по мнению ряда специалистов, в России, где преобладают породы евроамериканской селекции, высока доля пород черно-пестрого генеалогического корня, поэтому процесс замещения  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> на  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> аллель может занять несколько десятков лет. Особую роль здесь могут сыграть следующие биотехнологические приемы: искусственное осеменение коров замороженным семенем быка с известным генотипом, трансплантация эмбрионов с заданным генотипом, создание популяций быков-производителей и быковоспроизводящих групп коров разных пород с  $\beta$ -CN<sup>A2</sup>/ $\beta$ -CN<sup>A2</sup> гомозиготой. Все это позволит создать в короткие сроки «правильное» потомство (Вудфорд К., 2018).

В последние годы отмечается тенденция к переходу мировых брендов, таких как Nestle, на производство молока А2. В странах с развитым животноводством потоковое производство такого продукта началось еще в 2015 году, в то время как в России молоко А2 начали производить только в 2017 году компанией «А2 молоко».

В исследовании J.S.J. Chia, с соавт. (2014) приведены доказательства того, что молочный белок А1  $\beta$ -казеина коров является основной причинной

диабета типа 1 у людей с генетическими факторами риска. При изучении патологической симптоматики после потребления молока А2 и А1 группой взрослых людей с непереносимостью молока (n=600) установлены значительные различия для симптомов вздутия живота, боли в животе, частоты стула и консистенции стула. Исследование с аналогичными результатами было проведено ранее. В среднем считается, что те или иные негативные симптомы при употреблении молока и молочных продуктов отмечаются у 30% населения (Tyulkin S. и др., 2018).

Кроме отрицательного влияние на организм человека, различные аллели гена бета-казеина связаны с качеством молока и с молочной продуктивностью коров. Так, в ходе исследований А.А. Чаицкого и Н.С. Барановой (2021), проведенных на костромской породе крупного рогатого скота, было установлено, что удои полновозрастных коров с генотипом А2А2 и долей кровности 50% по улучшающей швицкой породе были на 2514 кг больше, чем у сверстниц с генотипом А1А2 ( $P<0,05$ ). При этом удои животных с кровностью 26–49% и генотипом А2А2 за полновозрастную лактацию был выше на 1202 кг, чем у А1А2 ( $P<0,05$ ). В то же время, содержание жира в молоке коров генотипа А2А2 и долей кровности до 25% за первую лактацию было на 0,13% больше, чем у А1А2 ( $P<0,05$ ). Содержание жира в молоке у животных с кровностью до 25% и генотипом А2А2 было на 0,17%, чем у А1А2 с кровностью 50% ( $P<0,05$ ). Количество сухого вещества за первую лактацию у коров А2А2 с кровностью 26–49% было выше на 1,98%, чем у А1А2 ( $P<0,05$ ).

Группой авторов (Сабетовой К.Д., Кофиади И.А. и Чаицкого А.А., 2021) было установлено, что среди группы животных с долей кровности более 50% удои коров генотипа А1А2 был на 1069 кг, чем у А2А2. При этом у полукровок содержание жира в молоке А1А2 было выше, чем в молоке А2А2 на 0,23%, сухого вещества на 1,12%, сухого обезжиренного молочного остатка на 1,70% ( $P<0,05$ ).

Эти данные свидетельствуют о том, что кроме отличительных диетических свойств молока А2, существует так же и продуктивное превосходство коров с генотипом А2А2 гена бета-казеина. Это позволит предприятиям перейти на производство полезного молока А2 без потерь объемов производимой продукции и экономического ущерба. Кроме того, обеспечение населения таким продуктом, даст возможность людям с непереносимостью белка  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> безбоязненно пить настоящее молоко, не прибегая к его соевым заменителям. Однако для этого необходимо достаточное количество коров ценного генотипа А2А2.

В России, среди всех пород крупного рогатого скота, наиболее высоким потенциалом к созданию стад, ориентированных на производство молока с белком семейства  $\beta$ -CN<sup>A2</sup>, обладает костромская порода. По данным А.А. Королева (2021), среди костромской породы крупного рогатого скота носителями ценного генотипа по бета-казеину А2А2 являются 9 быков (45,0%). Это свидетельствует об уникальных качествах этой породы, а также о том, что применения ДНК-маркеров бета-казеина в селекционной работе с этими животными, поможет в кратчайшие сроки создать стадо с желательным генотипом А2А2 по бета-казеину.

Не менее значимым генетическим маркером является и ген каппа-казеина ( $\kappa$ -CN, CSN3), ассоциированный с качественным составом, технологическими свойствами молока и, следовательно, с его сыропригодностью. Каппа-казеин является фракцией казеина – молочного белка. Это единственная фракция казеина, которая разрушается под действием сычужного фермента и способна стабилизировать казеиновый комплекс молока. В первой фазе свертывания молока сычужный фермент воздействует на каппа-казеин, в результате образуется нерастворимый параказеин и растворимый гликомакропептид (Матушкина Е.В., 2014).

Каппа-казеин встречается в нескольких вариантах. На данный момент учеными выделено 7 аллелей каппа-казеина:  $\kappa$ -CN<sup>A</sup>,  $\kappa$ -CN<sup>B</sup>,  $\kappa$ -CN<sup>C</sup>,  $\kappa$ -CN<sup>E</sup>,  $\kappa$ -CN<sup>F</sup>,  $\kappa$ -CN<sup>G</sup>,  $\kappa$ -CN<sup>H</sup>. Наиболее распространены аллели  $\kappa$ -CN<sup>A</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>B</sup>,

которые отличаются двумя аминокислотными заменами в 135 и 148 положениях полипептидной цепи. Основой белкового полиморфизма каппа-казеина являются единичные аминокислотные замены. Ген каппа-казеина имеет размер 13 тысяч пар нуклеотидов (т.п.н.) и состоит из 5 экзонов общей длиной 850 пар нуклеотидов (п.н.) и 4 интронов (Вельматов А.П. и др., 2017; Лортец О.Г., 2014; Долматов И.Ю., 2015).

Рядом авторов было доказано, что аллель к-CN<sup>B</sup> связан с более высоким содержанием белка, в молоке, концентрации в нем лактозы и казеина, а также более высоким коагуляционными свойствами и большим выходом творога, сыра, в то время как аллель к-CN<sup>A</sup> наоборот на вышеуказанные показатели оказывает отрицательный эффект (Ахметов Т.М. и др., 2007; Хфертдинов Р.А. и др., 2009; Тельнов Н.О., 2016). По мнению Б. Глика, разница в выходе сыра и в коагуляционных свойствах между генотипами AA и BB обуславливается меньшим диаметром мицелл в молоке животных, имеющих генотип к-CN<sup>BB</sup> (Глик Б., 2002).

Некоторые исследователи (Crahan E.R., 1984; Zittle C.A., 1962; Schaar S.; Суяркулов Ш.Р., 1987; Aleandri R., 1990) утверждают, что технологические свойства молока значительно зависят от гена молочного белка к-CN<sup>BB</sup>. Так, в работе Н.О. Тельнова отмечается положительное влияние аллеля к-CN<sup>B</sup> и негативное – аллеля к-CN<sup>A</sup> на содержание молочного жира, белка, а также состояние казеинового сгустка и продолжительность свертывания молока. Также установлено, что из молока коров с генотипами к-CN<sup>AB</sup> и к-CN<sup>AA</sup> образуется казеиновый сгусток рыхлого и дряблого состояния. В то время как наличие аллеля к-CN<sup>B</sup> в геноме животных улучшает состояние казеинового сгустка (Тельнов Н.О., 2016).

Зарубежные исследователи (Altonen M.L., 1987; Bastian E.D., 1991; Davoli R., 1990; Denicourt D., 1990; Aleandri R., 1990) также определяли, что из молока коров с генотипом к-CN<sup>BB</sup> образуется сгусток лучшей консистенции и время коагуляции сокращается на 24%, чем при производстве сыра из молока коров гомозиготного генотипа к-CN<sup>AA</sup>. При



этом установлено, что выход сыра из молока коров с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> был на 5% больше относительно особей  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup>. Эти сведения подтверждаются исследованиями Н.А. Юхмановой и Л.А. Калашниковой (2004), в ходе которых отмечали увеличение выхода сыра с более благоприятной композицией из молока коров с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> на 5-10% по сравнению с  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup>. При этом молоко от этих коров обладало лучшей свертываемостью под действием сычужного фермента. Также авторы отмечают, что коровы с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> превосходили сверстниц с другими генотипами во все периоды лактации по содержанию белка в молоке (Юхманова Н.А. и др., 2004).

В исследованиях G.E. Vagerud с соавторами (1992), авторы отмечали, что молоко коров, несущих генотип  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> или  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>, имеет лучший вкус, хранится на пять дней больше, короче время свертывания и плотнее сгусток, по сравнению с молоком коров  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup>.

В производстве сыра немаловажную роль играют такие показатели, как время денатурации и качество сгустка. Чем плотнее сгусток, тем меньше потери белка и тем качественнее будет конечный продукт, а уменьшение времени денатурации значительно сократит весь процесс его производства. С.В. Тюлькин (2017), а ранее его зарубежный коллега Z. Bosze (1993), отмечали, что при наличии аллеля  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> у животных в молоке увеличивается количество ионов, особенно кальция, а при производстве сыра сокращается время денатурации. При этом мицеллы сгустка имеют более тонкую и мягкую консистенцию, что способствует получению высококачественных твердых сыров. Многие авторы (А.М. Fiat, 1989; С.В. Тюлькин, 2017; Р.Р. Шайдулин, 2015; J. Schaar, 1984) связывали это с тем, что казеины выполняют важную роль в коагуляции молока. По различным данным разница по времени коагуляции между генотипами  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> варьирует от 10% до 40%. В среднем она составляет 20% в пользу генотипа  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>, что указывает на положительное влияние аллеля  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> на время свертывания молока (Erhardt, G. И др., 1991).

Н.И. Стрекозов с соавторами (1997) установил высокую корреляцию между SNP к-CN и содержанием сухого вещества молока для производства творожной массы. По предположению авторов, у коров швицкой и черно-пестрой породы увеличение выхода творожного продукта происходило за счет аллеля к-CN<sup>B</sup>.

Некоторыми авторами была установлена связь генотипов к-CN как с технологическими свойствами и качественными показателями молока, так и с уровнем молочной продуктивности коров. В исследованиях I.L.L. Мао с соавторами (1992) на популяции коров голштинской породы было установлено положительное влияние аллеля к-CN<sup>B</sup> на удой и содержание белка в молоке.

В исследованиях S. Walawski с соавторами (1994), проведенных на 125 особях черно-пестрой породы, авторы установили, что генотипы AA ассоциируются с повышением удою, а BB с более высокой массовой долей белка. При этом генотип AB занимает промежуточное положение и благоприятно влияет на оба показателя. Также авторы отмечают, что повышенное содержание фосфора отмечалось в молоке коров BB генотипа.

Однако другими зарубежными учеными Н. Vovenhuis, J.M. Van Arendonk, S. Korver приводятся сведения, что у коров голштинской породы с генотипами к-CN<sup>BB</sup> и к-CN<sup>AB</sup> удои на 173 и 51 кг соответственно ниже, чем у животных с генотипом к-CN<sup>AA</sup>. Однако по содержанию белка в молоке коровы с генотипом к-CN<sup>BB</sup> на 0,08% превосходили особей к-CN<sup>AA</sup> и на 0,05% – животных с генотипом к-CN<sup>AB</sup>. Также авторы определяли более высокое содержание жира в молоке коров с желательным генотипом к-CN<sup>BB</sup> (Vovenhuis, Н. и др., 1991, 1992).

О положительном влиянии аллеля к-CN<sup>B</sup> на содержание белка в молоке у голштинских коров также описано в работах Ng-Kwai-Hang с соавт. (1984), E. Gonyon с соавт. (1987), R. Aleandri с соавт. (1990). Однако E. Jakob (1995) не обнаружил подтверждение того, что аллели к-CN<sup>B</sup> и к-CN<sup>A</sup> оказывают влияния на содержание жира в молоке.

В исследовании коров ярославской породы в стаде СПК «Михайловское» определяли увеличение количества молочной продуктивности животных с генотипом к-CN<sup>BB</sup> на 570 кг по сравнению с генотипом к-CN<sup>AA</sup> на фоне повышения жирномолочности на 0,11%, количества молочного жира – на 31,9 кг, белковомолочности – на 0,21% и количества молочного белка – на 28,1 кг. Аналогичные тенденции наблюдались в стаде коров «Горшиха» (ГНУ ЯНИИЖК, 2006).

В связи с этим, Европейской организацией фермеров и некоторыми крупными коммерческими племенными предприятиями было вынесено предположение, что генотип к-CN<sup>BB</sup> оказывает влияние на качественные показатели молока и его сыропригодность и, соответственно, может считаться экономически важным критерием отбора молочных пород крупного рогатого скота (Сibaгатуллин, Ф.С. и др., 2010).

Однако, несмотря на это, в популяциях большинства молочных пород преобладает аллель к-CN<sup>A</sup>, в то время как высокоценный аллель к-CN<sup>B</sup> и генотип к-CN<sup>BB</sup> встречается намного реже. Особенно это заметно у животных голштинской, симментальской и айрширской пород, а также голштинизированных пород (черно-пестрой, ярославской, красно-пестрой, красной степной). Сходная ситуация наблюдается в большинстве локальных молочных пород стран СНГ (белорусская черно-пестрая, украинская черно-пестрая, украинская серая).

В наиболее распространенных зарубежных породах молочного скота генотип BB практически полностью отсутствует у быков фризской и айрширской пород, а у голштинских быков в США он не превышает 10% (Иванов В.А. и др., 2017).

По данным ВНИИплем, в отдельных популяциях крупного рогатого скота черно-пестрой породы, разводимого в России, частота встречаемости аллеля к-CN<sup>B</sup> достигает 40%. В то же время у быков-производителей черно-пестрой породы ФГУП «Красноярскгосплем» данный аллель встречался в 2 раза реже, а желательный генотип к-CN<sup>BB</sup> не был обнаружен (Калашникова Л.А. и др., 2004).

По сведениям А.Ю. Маркаряна, А.С. Канапина, А.Ф. Яковлева (1991) гетерозиготный генотип  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> регистрировали более чем у 67% быков-производителей черно-пестрой породы племобъединения «Невское» Ленинградской области. Доля гомозиготных особей в данной популяции оказалась небольшая и составила:  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> – 28% и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> – 5%. В исследованиях В.П. Терлецкого (2004) отмечалось, что у быков-производителей голштинской породы ценный генотип  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> не был обнаружен.

В источниках литературы разными авторами на протяжении 12 лет (1993-2005 гг) изучалась частота встречаемости генотипов гена каппа-казеина у животных черно-пестрой породы Московской области (Аллипанах, М., 2005; Зиновьева Н.А., 2002; Иолчев, В.С., 1993; Сулимова, Г.Е. и др., 1996; Тинаев, А.Ш. и др., 2003). Так, И.С. Иолчев установил следующее распределение генотипов гена каппа-казеина:  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> – 34,3%,  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> – 51,8%,  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> – 13,9%. Г.Е. Сулимова и др., Н.А. Зиновьева и др., М. Алипанах, указывают на незначительное варьирование частоты встречаемости генотипов каппа-казеина:  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> находилась в пределах от 64,96% до 69,44%,  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> – от 25,92% до 31,27% и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> – от 3,77% до 4,17%.

Ю.М. Дерябина и др. (2005) изучали полиморфизм гена каппа-казеина у быков ярославской породы. В ходе исследований выявлены два аллеля:  $\kappa$ -CN<sup>A</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> с частотой встречаемости 0,53 и 0,47 соответственно. При этом выявлено преобладание в стаде животных с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> – 50%, в то время как  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> – 28% и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> – 22%. В группе быков-производителей, полученных путем воспроизводительного скрещивания коров ярославской породы с голштинскими быками, распределение частот аллелей и генотипов наблюдалось следующее:  $\kappa$ -CN<sup>A</sup> – 0,75,  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> – 0,25 и  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> – 62%,  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> – 25% и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> – 13% (Дерябина Ю.М. и др., 2005).

В. Максименко и др. (2007) установлено, что чистопородные коровы ярославской породы характеризуется значительным разнообразием генотипов каппа-казеина по сравнению с животными Михайловского типа. У них распределение генотипов выглядит следующим образом:  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> – 44%,

к-CN<sup>AB</sup> – 26%, к-CN<sup>BB</sup> – 14%, тогда как у коров нового типа «Михайловский»: к-CN<sup>AA</sup> – 40%, к-CN<sup>AB</sup> – 50%, а животных с гомозиготным генотипом к-CN<sup>BB</sup> не выявлено (ГНУ ЯНИИЖК, 2006).

Преобладание аллеля к-CN<sup>A</sup> в популяциях голштинизированных пород может быть связано с тем, что эти животные изначально были выведены для получения преимущественно питьевого молока и по технологическим свойствам и содержанию ценных веществ значительно уступают коровам бурого корня, таким как швицкая и костромская, у которых была установлена наибольшая частота встречаемости ценного аллеля к-CN<sup>B</sup> и генотипа к-CN<sup>BB</sup>. Это объясняется тем, что данные породы являются родственными и в их селекции не применяется голштинизация. Как отмечают Г.Е. Сулимова, И.В. Лазебная и соавторы (2011), частота В-аллеля гена CSN3 в отдельных стадах костромской породы превышает таковую у других отечественных пород крупного рогатого скота, что вероятно определяет высокие сыродельческие качества молока (Сулимова Г.Е. и др., 2011).

В работе К.Д. Сабетовой, А.А. Чаицкого, П.О. Щеголева и соавторов (2021) вышеуказанные сведения подтвердились. Так, авторы установили, что наиболее часто желательный генотип ВВ встречается среди бурых пород – бурой швицкой и костромской – 0,533 и 0,556 соответственно. В это же время гомозиготный желательный генотип к-CN<sup>BB</sup> имеет низкую частоту встречаемости от 0,063 в симментальской до 0,182 в ярославской породе. Из 16 быков-производителей айрширской породы не выявлено животных с генотипом к-CN<sup>BB</sup>. Также авторы отмечали, что у быков-производителей костромской породы не было выявлено животных с генотипом к-CN<sup>AA</sup>, а у быков черно-пестрой, голштинской, айрширской, симментальской и холмогорской пород наоборот, данный генотип преобладал с частотой от 0,500 до 0,750 в симментальской и в айрширской породе. У быков-производителей ярославской породы с частотой встречаемости 0,727 преобладает генотип к-CN<sup>AB</sup>.

По данным А.А. Королева (2021), среди быков костромской породы, носителями ценного генотипа каппа-казеина для производства сыра (ВВ) являются 11 быков (55,0%), 7 из них относятся к заводским линиям (два к линии Ладка 2537, один – Каро 1494, два – Бархата 2336).

Приведенные сведения подтверждают, что крупный рогатый скот костромской породы обладает ценным генофондом и высоким генетическим и биологическим потенциалом к дальнейшему совершенствованию продуктивных качеств и технологических свойств молочной продукции. Дальнейшее совершенствование этих животных и использование достижений молекулярной генетики в селекционных программах позволит увеличить объемы и улучшить качество производимой продукции в регионе, а также будет способствовать повышению конкурентоспособности Костромского бренда на рынке.

### **1.3 Показатели биологической эффективности коров**

Использование последних достижений молекулярной генетики в селекционно-племенной работе с крупным рогатым скотом определенно дает положительные результаты. Однако для повышения эффективности предприятий, а также для увеличения объемов и качества продукции этого недостаточно. По данным Л.П. Шульга (2016) и К. К. Есмагамбетов (2010), уровень организации племенной работы и соблюдение основных ее элементов является одним из множества факторов, от которых зависит эффективность отрасли. Разработка оптимальных программ селекции для конкретных популяций, предполагающих жесткий отбор и подбор особей по генетическим маркерам, позволяет в полном объеме решить целый ряд селекционных, информационных и организационных вопросов, а также гарантировать максимально эффективный генетический прогресс конкретного потомства. Создание научно-обоснованных программ селекционно-племенной работы должно базироваться на широком применении современных генетических и биотехнологических методах, способных обеспечить оптимизацию селекционного процесса. В тоже время,

количественные характеристики оценки отбора и использования животных должны определяться программой селекции, эффективность которой может прогнозироваться в процессе планирования селекционной работы.

Однако, как отмечает И.Н. Янчукова (2012), в планах и программах селекционно-племенной работы России отсутствуют генетические и экономические обоснования, а также определение параметров и уровня их оптимальности. Это связано с тем, что принципы и методы планирования племенной работы не соответствуют накопленным мировой и отечественной наукой знаниям, а возможности информационных и компьютерных технологий используются не в полном объеме.

При этом, по данным ряда авторов (Кузнецов В.М., 2001; Шульга Л.П., 2016), комплексное использование в племенной работе современных информационных и компьютерных технологий, а также мировых познаний в области популяционной генетики делают возможным применение генетико-статистических и экономико-математических методов для анализа и планирования селекционной работы со стадом. Это в свою очередь позволит произвести глубокий популяционно-генетический анализ и создать эффективную научно-обоснованную программу селекционно-племенной работы, а также значительно снизить риск при принятии решений по генетическому улучшению стада.

Л.П. Шульга (2016) также отмечала, что подобная работа связана с большим объемом зоотехнической и племенной информации, в связи с искусственным осеменением животных и интенсивным использованием мирового генофонда. В следствие этого становится сложно анализировать все хозяйственно-ценные признаки животных и их корреляционные связи, способствующие наиболее эффективному использованию этой информации для генетического совершенствования сельскохозяйственных животных.

Для того чтобы сократить время анализа биологической эффективности коров и повышения качества получаемой продукции, L. N. Hazel была разработана теория селекционных индексов и коэффициентов по

хозяйственно-полезным признакам у животных. L. N. Hazel доказал, что с помощью таких индексов можно вывести оптимальные весовые соотношения для разной информации о продуктивности, и отобрать для племенного использования таких животных, у которых величина суммарного генотипа имеет максимальное значение (Зубенко, Э. В. и др., 2012; Мельникова Е.Е. и др., 2018; Weaber, R. L. И др., 2010; Ефимов И.А. и др., 2019).

В настоящее время в странах с развитым животноводством селекция молочного скота ведется по комплексу важнейших хозяйственно полезных признаков, а оценка, ранжирование и отбор племенных животных проводится на основании современных селекционных индексов и коэффициентов, учитывающих множество различных признаков, которые позволяют совершенствовать стада по продуктивным качествам, экстерьеру и ряду других признаков (Рахматулина Н. Р., 2010). В то время как в России официальная оценка племенных качеств маточного поголовья сводится преимущественно к измерению фенотипических показателей их молочной продуктивности по селекционным признакам, а выбор лучших коров базируется на определении фенотипа по удою, с учетом их превосходства по содержанию жира и белка в молоке над заданными параметрами стандарта породы (Кузнецов, В. М., 2013; Сермягин А.А. и др., 2015). По свидетельству ряда ученых (Кузнецов В.М., 2002, 2013; Харитонов С.Н. и др., 2015; Янчуков И.Н., 2011), сложившаяся традиционная система существенно осложняет проведение селекционных мероприятий с имеющимся поголовьем на популяционном уровне (Янчуков И.Н. и др., 2017).

При этом среди населения страны увеличивается спрос на высококачественные молочные продукты, отвечающие потребительским требованиям не только по питательной ценности, но и по безопасности продукции. Соответственно появляется необходимость наращивания объемов производства молока и создания стад крупного рогатого скота с высокой ценностью молочной продукции. В то же время, возрастает спрос на высококлассную продукцию среди товаропроизводителей. Так, закупочная



цена за 1 литр молока устанавливается исходя из целого набора критериев, касающихся его состава и качества. Поэтому для повышения конкурентоспособности предприятий необходимо вести селекционно-племенную работу со стадом, ориентируясь не только на объемы получаемой продукции, но и на все ценные компоненты, входящие в состав молока (содержание жира, белка, СОМО, сухого вещества). Для этого при разработке планов применяют комплексные коэффициенты и индексы, в которых учитываются качественные и количественные показатели молочной продуктивности. В дальнейшем это будет способствовать повышению эффективности работы предприятия, по средством увеличения качества производимого молокосырья (Морозова Н.И. и др., 2012; Курак А., 2013; Кузнецов А.В. и др., 2013).

Одними из наиболее значимых коэффициентов, определяющих эффективность использования коров с точки зрения биологической полноценности продукции, которая в свою очередь определяется всеми веществами, входящими в состав молока, являются коэффициент биологической эффективности коров (БЭК) и биологической полноценности молока (КБП). Они отражают выход пищевой части молока (сухого вещества и СОМО) на 1 кг живой массы коровы и, как отмечал В.Н. Лазаренко (2002), позволяют наиболее точно оценить молочную продуктивность животных с точки зрения пищевой ценности продукции. Одним из основных показателей, используемых при расчётах таких коэффициентов, является – содержание сухого вещества в молоке (Горелик О.В., 2002; Лазаренко В.Н. и др., 2002). Применение данных коэффициентов наряду с генетическими маркерами, ассоциированными с хозяйственно полезными признаками, при планировании селекционно-племенной работы, позволит значительно повысить качество отбора животных и, в дальнейшем, будет способствовать сохранению ценных качеств в генофонде популяции и наиболее полной реализации генетического потенциала отечественных пород.

Коэффициенты БЭК и КБП использовались рядом исследователей для решения различных задач. Например, в работе Ю.А. Карнаухова (2010) БЭК и КБП использовались для сравнительной оценки биологической эффективности коров чёрно-пёстрой породы и их голштинизированных помесей, а также экологической безопасности производимой ими продукции. Автор установил, что по коэффициенту биологической полноценности помеси третьего поколения превосходили чистопородных животных на 17,0% ( $P > 0,95$ ), а полукровных помесей – на 6,3% ( $P < 0,95$ ). По биологической эффективности лидировали помеси третьего поколения; чистопородные животные уступали им на 16,3%, а полукровные коровы – на 4,5%. В свою очередь это позволило доказать, что проводимая голштинизация чёрно-пёстрого скота положительно отражается на количественных показателях молочной продуктивности и не ухудшает экологическую безопасность производимой продукции.

В работе О.В. Грен (2013) БЭК и КБП применялись для оценки эффективности использования кормовой добавки на примере коров красно-пестрой породы. Автором было отмечено, что биологическая эффективность животных опытной группы, которая получала кормовую добавку, была выше на 9,7 или 7,5 % чем у аналогов контрольной, а коэффициент биологической полноценности молока на 6,5 или 7,3 %. В итоге было установлено, что применение комплексной кормовой добавки привело к увеличению молочной продуктивности на статистически достоверную величину, а это в свою очередь положительно отразилось на конверсии корма в молочную продукцию и также позволило повысить такие показатели, как биологическая эффективность коров и коэффициент биологической полноценности молока на 7,5 % и 7,3 % соответственно.

Аналогичное исследование было проводила Н.Г. Гатаулина (2017), в результате которого установлено что коровы опытных групп превосходили контрольных сверстниц по этим коэффициентам. Так, БЭК и КБП коров I опытной группы был на 4,71% и 3,06% выше, по сравнению с контрольными

животными, II группы – на 2,22% и 8,03%, III – на 10,60% и 6,56% соответственно. При этом показатели БЭК и КБП II опытной группы были выше, относительно представителей I группы на 7,51% и 4,97%, а III группы – на 1,62% и 1,47% соответственно. Автором отмечается, что оценка коров по содержанию таких ценных компонентов, как СОМО и сухое вещество, имеет высокую значимость, особенно с экономической точки зрения, поскольку их значения отражают продуктивность молочных коров и позволяют определить их биологическую эффективность и полноценность молока.

Поскольку БЭК и КБП учитывают содержание всех компонентов молока, использование их наряду с генетическими маркерами, определяющих качество, количество и технологические свойства молочной продукции представляет особый интерес. Так, в исследованиях А.С. Ганиева (2019) данные коэффициенты применялись для оценки продуктивности первотелок черно-пестрой породы с разными генотипами каппа-казеина. В ходе исследований автору удалось установить, что коровы с генотипом  $к-CN^{BB}$  отличались наибольшей эффективностью и полноценностью. Так на 1 кг живой массы они произвели 119,1% сухого вещества и 85,5% СОМО, при этом разность достоверна только по сравнению с гомозиготными животными по аллелю А каппа-казеина на 7,7% ( $P < 0,05$ ) и 6,1% ( $P < 0,05$ ) соответственно. Подобная практика показывает, что совокупное применение зоотехнических коэффициентов и современных методов молекулярной генетики позволит тщательнее контролировать и корректировать сложный селекционный процесс, отбирая самых лучших животных.

Исходя из вышеизложенного, с помощью коэффициентов БЭК и КБП можно разработать оптимальную стратегию для повышения биологической эффективности коров и биологической полноценности их молока на примере конкретной популяции. Однако по мнению В.А. Сечина и др. (2000) генетический потенциал крупного рогатого скота используется на 40-60%, в основном, из-за несбалансированного и неполноценного кормления.

Известно, что эффективность использования энергии коррелирует с ее концентрацией в сухом веществе рациона коров и зависит от того, на что она расходуется (Саханчук А.А. и др., 2010). Очень важно при составлении рационов учитывать не только объем энергии и питательных веществ в нем, но и количество сухого вещества, концентрацию энергии и питательных веществ. Для поддержания нормального состояния обмена веществ жвачным животным необходимы конкретные углеводы, потому что за счет углеводов, и в меньшей степени за счет жира и протеина, удовлетворяется потребность организма в энергии. Однако даже при условии наличия сбалансированного и обогащенного необходимыми компонентами рациона, содержащего достаточное количество сухого вещества, животные могут по-разному использовать полученную с ним энергию (Тимофеев Ю.П., 1995; Завертляев Б.П., 2000; Дмитриев В.Д., 2001; Шендаков А.И., 2008).

Оценить эффективность, с которой органы крупного рогатого скота преобразуют корм в молоко-сырье, можно с помощью кормового коэффициента (FCR) или коэффициента конверсии корма. Величина FCR зависит от генетики животного, возраста, качества и ингредиентов корма, условий содержания животного, а также хранения и использования корма работниками фермы (Mike V., 2009 и др.). Ранее FCR не относился к традиционным коэффициентам, используемых в молочном скотоводстве, однако Агентство по защите окружающей среды США (англ.: U.S. Environmental Protection Agency (EPA)) обновило нормативные акты 2003 г. о контроле выбросов навоза и других отходов, производимых операторами животноводства. В ответ Министерство сельского хозяйства США начало выпускать руководство для молочных ферм о том, как контролировать вводимые ресурсы, чтобы минимизировать выход навоза и выброс вредных веществ в окружающую среду, а также оптимизировать производство молока и повысить эффективность используемых кормов (Cantalapiedra-Hijar G., 2018). Так в селекционно-племенные программы США стали внедрять коэффициент конверсии – FCR, показывающий выход молока на 1 кг

полученного сухого вещества с кормом (Zamani P., 2012; Dairy Forage Research Center, 2004). Также в некоторых случаях применяют и обратный коэффициент – GFE (валовая эффективность использования кормов), который показывает, сколько потребуется сухого вещества корма для выработки 1 кг молока.

На практике коэффициенты FCR и GFE работают следующим образом: средний суточный удой коровы А составляет 22,5 кг за 305 дней лактации, при этом удой коровы В из этого же стада, той же породы составил 16,3 кг. Обе коровы получали с кормом 13 кг сухого вещества в сутки, однако корова А для производства 1 кг молока, затратила меньшее его количество, в отличие от коровы В. Если предположить, что стоимость суточной порции корма составляет 400 рублей, а стоимость реализации 1 кг молока 21 рубль, то корова А за 1 день полностью окупает стоимость своего корма и при этом приносит прибыль со своей продукции, так как общая стоимость ее суточного удоя составляет 472,5 рубля, в то время как удой коровы В оценивается в 342,3 рубля, что в следствие ведет к убыткам. Исходя из примера, следует, что корова А более эффективна, так как ей требуется меньшее количество корма для получения такого же объема молока, как и у коровы В. Комплектование стада на предприятии из животных с высоким уровнем реализации сухого вещества корма в молоко способствует снижению затрат корма с сохранением объемов производства, что в свою очередь существенно повышает его рентабельность, а также снижает количество вредных выбросов в окружающую среду, к тому же, это один из лучших способов сокращения расходов при одновременном повышении общей эффективности стада. Коэффициенты FCR и GFE позволяют наиболее точно рассчитать расход кормов на 1 кг молока с точки зрения энергетической ценности рациона, Однако как было сказано ранее, их величина зависит от множества генетических и паратипических факторов, которые необходимо учитывать при их расчете (Cantalapiedra-Hijar G., 2018; Arthur P., 2001; Moore S., 2009).

Зарубежными авторами не раз проводились исследования по оценке влияния различных факторов на показатели коэффициентов FCR. Так, S. Grossi с соавторами, изучал влияние температуры питьевой воды в зимний период на эффективность реализации сухого вещества корма крупным рогатым скотом. В результате авторами было установлено, что использование подогретой питьевой воды способствует повышению стабильности рубца и, соответственно, общей эффективности реализации сухого вещества корма, что при дальнейшем использовании данной технологии позволит улучшить показатели роста и повысить стабильность рубца (Grossi S. и др., 2021).

Однако основной массив исследований направлен на изучение влияния различных кормовых добавок на величину данных коэффициентов (Matsuba K. с соавт., 2019; Тао Н. с соавт., 2019; Islam M.S. с соавт., 2020). При этом практически отсутствуют данные о влиянии генетических факторов, таких как генотип по гену  $\beta$ - и  $\kappa$ -казеину. В России же изучению особенностей практического применения коэффициентов FCR и GFE практически не уделялось внимание.

Таким образом, коэффициенты БЭК, КБП, FCR и GFE, определяющие биологическую эффективность коров, биологическую полноценность молока и эффективность использования сухого вещества рациона, учитывают большой объем данных и при этом упрощают их анализ. Их использование при планировании селекционно-племенной работы обеспечит комплексный подход к решению проблемы рациональности использования ресурсов, повышения объемов и качества молочной продукции.

#### **1.4 Факторы, влияющие на молочную продуктивность коров**

На уровень молочной продуктивности и качественный состав молока коров, а как следствие и величину коэффициентов биологической эффективности, оказывает влияние ряд генетических и паратипических факторов. К генетическим факторам относится доля крови по улучшающей

породе, генотип по бета- и каппа-казеину и др. В то время как к паратипическим относятся – возраст и живая масса при первом плодотворном осеменении, возраст животных, продолжительность сервис-периода и др. При этом исследователями было установлено, что молочная продуктивность коров на 59% определяется кормлением, на 35% - генетикой и на 6% технологией содержания, в то время как белковость молока на 50% зависит от генетических факторов и на 40% от паратипических (Мищенко В.А. и др., 2005; Хазиахметов, Ф.С., 2014; Кузнецов, А.В. и др., 2013; Шендаков А.И., 2010).

Многими авторами (Лещук Г.П. и др., 2006; Шуварин М.В., 2013; Новиков В.В. и др., 2014; Косяченко Н.М. и др., 2014; Тяпугин Е.А. и др., 2015; Madureira, A.M., 2015) отмечается, что в некоторых случаях на количественные и качественные показатели молочной продуктивности оказывается влияние целый комплекс факторов и установить долю влияния каждого из них в отдельности крайне затруднительно. Однако некоторые исследователи смогли установить достоверное влияние некоторых факторов, что имеет большое значение для работы по повышению молочной продуктивности крупного рогатого скота.

Так, Н.Е. Новоселовой (2007) в ходе своих исследований, проведенных на голштинской породе, удалось установить, что доля влияния фактора линейной принадлежности коров на удой составила 8,1% ( $P < 0,05$ ), на МДЖ и МДБ в молоке соответственно 4,7% и 1,5%. Внутри линий на удой коров значительное влияние оказывали быки-производители – от 17 до 20% ( $P < 0,05$ ). Влияние семейств на уровень удоя и производство молочного жира составило 2,0 и 3,9% ( $P < 0,01$ ) соответственно, на МДЖ в молоке - 2,5% ( $P < 0,05$ ). При этом влияние доли кровности на удой коров составляло 10,0% ( $P < 0,001$ ), на МДЖ в молоке - 3,0% ( $P < 0,05$ ), молочный жир - 7,5% ( $P < 0,001$ ).

В ходе исследований И.И. Величко (2013) было установлено, что среди крупного рогатого скота костромской породы сила влияния генетических факторов на величину молочной продуктивности в комплексе факторов: кровность и линия составляет 60,5% ( $P < 0,001$ ); кровность и производитель –

47,9% ( $P < 0,001$ ), а на содержание жира в молоке – кровность и линия – 61,3% ( $P < 0,001$ ), кровность и производитель – 58,5% ( $P < 0,001$ ) (Величко И.И., 2013). Также автором отмечается, что изменчивость удоя коров по линиям и родственным группам варьировала от 15,44% до 27,19%. При этом дочери родственной группы Мастера 106902 превосходили по этому показателю дочерей быков линии Курса 3722 ИКС-161 на 0,11% ( $P > 0,99$ ). Изменчивость содержания жира в молоке коров варьирует в пределах от 2,06% до 5,13%.

В работе А.А. Чаицкого и С.Г. Белокурова (2019) сведения о том, что линейная принадлежность и доля кровности по улучшающей породе оказывают влияние на показатели продуктивности животных подтверждаются. Так, авторами было установлено, что удои коров линии Ладка 2537 за первую лактацию были на 435 кг больше, чем у сверстниц линии Курса 3722, разница по содержанию жира составила 0,04% ( $P < 0,05$ ). Коровы родственной группы Хилла 76059 уступали коровам родственной группы Концентрата 106157 по удою за первую лактацию на 865 кг, за вторую на 1269 кг, за половозрастную на 250 кг ( $P < 0,05$ ). При этом чистопородные коровы превосходили своих сверстниц с долей кровности более 50% по удою за первую лактацию на 92 кг, за вторую на 40 кг, за половозрастную на 406 кг ( $P < 0,05$ ) (Белокуров С.Г. и др., 2018).

По данным Г.П. Лищука (2007), живая масса телок при первом плодотворном осеменении оказывает влияние на их продуктивность, доля влияния составляет 6%. При этом сила влияния комплекса показателей (возраст и масса первого осеменения) составляет 8,5%. Автором также отмечается, что крупные первотелки превосходили сверстниц с меньшей массой по удою на 16,3%, МДЖ – на 0,03%, МДБ – на 0,05%, а так же по содержанию СОМО, сухого вещества, казеина и лактозы. Данные выводы согласуются с исследованиями Е.Г. Джигоевой, которая установила, что среди первотелок черно-пестрой породы удои 2 группы (вес первого осеменения 352 кг) был на 122 кг (или 4,3%) больше, чем в 1 группе (вес первого осеменения 227,9 кг). При этом количество молочного жира в молоке коров 2



группы было на 3,1 кг (на 3%) больше, чем у аналогов из 1 группы. Как отмечает автор, большей молочностью обладали более сформированные по общему развитию первотелки (Джигоева Е.Г., 2020).

Е. Д. Чиргин и В. Г. Семенов (2020) в своей работе на примере чернопестрой породы отмечали, что наибольший удой и выход молочного белка наблюдался у коров, осемененных впервые при живой массе более 410 кг, а выход молочного жира был больше у коров, живая масса которых при первом осеменении составляла 395-409 кг. Авторами было выявлено, что живая масса телок при первом осеменении наибольшее влияние оказывает на удои полновозрастных коров, чем на удои первотелок. Коэффициенты корреляции между живой массой телок при первом осеменении и удоем за 365 дней первой лактации составили +0,37 и по третьей лактации – +0,58.

Ю.Н. Добровольским (2007) выявлено, что на молочную продуктивность заметное влияние оказывает возраст первого осеменения, с увеличением его до 24 мес., наблюдается возрастание периода хозяйственного использования коров, при этом уровень надоев увеличивается до IV отела, а в VI – VII лактации молочная продуктивность склонна к снижению. Эти сведения согласуются с результатами исследований С.А. Брагинец (2016), который установил, что животные, осемененные в раннем возрасте, имеют продолжительность хозяйственного использования практически в 2 раза меньшую, чем животные, осемененные в возрасте 18 мес. и старше. Соответственно с увеличением возраста 1-го осеменения значительно возрастает пожизненная продуктивность коров (надой, кг; МДЖ, кг; МДБ, кг).

В исследованиях Д.С. Вильвера, проведенных на коровах чернопестрой породы, было установлено, что более высокой молочной продуктивностью отличались первотёлки с возрастом первого осеменения 17–18 мес. Так удои коров возраста первого осеменения 19-20 месяцев (III группа) были на 3,8% ниже, чем у животных I группы (возраст осеменения 17-18 месяцев) и на 6,7% меньше, чем у II группы (17-18 месяцев). По

содержанию жира и белка в молоке коровы I группы превосходили тёлочек II группы на 1,3% и 0,6%, а животных III группы – на 0,8% и 1,2% соответственно. Количество молочного жира и белка у коров II группы было больше, чем у I на 4,8% и 5,6%, соответственно. Разница между II и III группой по количеству молочного жира и белка составила соответственно 6,0% и 7,2% ( $P < 0,05$ ) так же в пользу II группы (Вильвер Д.С., 2015). Данные сведения подтверждаются в работе А.А. Чаицкого и Н.С. Барановой (2021), в ходе которых авторами было установлено, что среди животных костромской породы разница по удою между I и II группой составила 474 кг, в пользу II ( $P < 0,05$ ). При этом содержание сухого вещества у II группы было на 0,47%, а СОМО на 0,34% больше, чем у I группы ( $P < 0,05$ ) (Чаицкий А.А. и др., 2021).

Продолжительность сервис-периода влияет на молочную продуктивность как фактор, определяющий продолжительность лактации: чем длиннее сервис-период, тем продолжительнее лактационный процесс (Ворошилова Е.Д., 2007). Опыт показывает, что с увеличением длительности сервис-периода наблюдается закономерное повышение удоев. Однако как пишет Н.Ф. Лось (2002), удлинение сервис-периода сверх оптимального в 80-90 суток отрицательно отражается как на воспроизводстве стада, так и на выходе приплода (Ворошилова Е.Д., 2007; Лось Н.Ф., 2002). К тому же, отмечает Ю.Р. Юльметьева (2017), от продолжительности сервис-периода зависит экономически важный показатель – выход телят на 100 коров. Большая часть работы по исследованию репродуктивной способности в скотоводстве свидетельствует о ее низкой наследуемости (Юльметьева Ю.Р. и др., 2017). Изучая влияние продолжительности сервис-периода на примере холмогорской породы, П. С. Павлова и Н. М. Смолина (2019) установили, что удои коров с сервис периодом до 45 дней был на 1020,1 кг (20,3 %) ( $P \leq 0,001$ ) меньше, чем в группе коров с продолжительностью сервис периода 80 дней и более. При удлиненном сервис периоде (80 дней и более) удои оказались на 6,9% больше, чем у аналогов 2 группы (45-60 дн.) и на 1,9% больше, чем у 3 группы (61-80%) ( $P \leq 0,05$ ). Среднесуточный удои за лактацию у коров с

продолжительностью сервис периода 45-60 дней (2 группа) был на 0,6 % больше чем в 1 группе (до 45 дн.), на 4,2% больше чем в 3 группе (61-80 дн.) и на 7,5% больше чем в 4 группе (более 80 дн.) ( $P \leq 0,05$ ). Так же авторам удалось установить, что существует достоверно более высокое содержание жира и белка в молоке выявлено у коров с оптимальной (45-60дней) продолжительностью сервис-периода. По содержанию жира в молоке коровы 2 группы (45-60 дн) превосходили своих аналогов из 1 группы (до 45 дн) на 0,31% ( $P \leq 0,01$ ), а 3 и 4 группу на 0,12% ( $P \leq 0,05$ ) и 0,28% ( $P \leq 0,01$ ) соответственно. Аналогичная тенденция выявлена и по содержанию белка в молоке. Коровы 2 группы имели превосходство над 1 группой на 0,24% ( $P \leq 0,01$ ), а над 3 и 4 группой на 0,07 и 0,13 % ( $P \leq 0,05$ ) соответственно (Павлова П.С. и др., 2019).

Исследованиями Д. Р. Абдуллиной и Р. С. Гизатуллиного установлено, что от коров бурой швицкой породы с продолжительностью сервис-периода 121-160 дней (III группа) и более 161 дня (IV группа) получали больше молока, по сравнению с I группой (60-90 дней) на 254 – 322 кг и на 78 – 146 кг больше, относительно II группы (91-120 дней). В то же время при оптимальной продолжительности сервис-периода (60-90 дней), удои на первый день межотельного периода был на 6,2% выше, чем у IV группы коров ( $P < 0,99$ ). Авторы связывают это с тем, что при высоких удоях в начале лактации на одну корову доля постоянных затрат намного ниже, чем в последующие месяцы, поскольку независимо от суточного удоя каждая корова потребляет корма и затрачивает различные ресурсы на обслуживание и содержание. При удлинённом сервис-периоде и длительности МОП более 400 дн. выход жизнеспособных телят на 100 отелившихся коров был ниже на 9%.

На примере костромской породы крупного рогатого скота И.И. Величко (2013) установила, что с увеличением продолжительности сервис-периода до 108 дней и более удои выросли на 913,8 кг по сравнению с коровами, сервис-период которых был менее 71 дня. При этом автором отмечается снижение массовой доли жира в молоке на 0,06% у коров с

сервис-периодом более 108 дней по относительно животных, чем при сервис-периода 71 день и меньше ( $P < 0,05$ ).

Следует отметить и то, что ряд авторов акцентируют свое внимание на условиях содержания коров, которые, по их мнению, оказывают значительное влияние на уровень молочной продуктивности. В первую очередь это подразумевает микроклимат помещений: температура, влажность воздуха, освещенность, загазованность (Комогорцева Л.С., 2017; Саранюк С.В. и др., 2020; Артеменко К.М. и др., 2021; Сударева Н.П. и др., 2022)

Таким образом, существует множество факторов, каждый из которых оказывает определенное влияние на уровень молочной продуктивности и качественный состав молока и, соответственно, на биологическую эффективность коров и биологическую полноценность их молока. Независимо от используемых методов селекционно-племенной работы на предприятии (современных, традиционных или комбинированных), необходимо учитывать все факторы, определяющие не только объемы молочной продукции, но и ее качество.

## 2 СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Материалы и методика исследований

Работа по теме диссертации была выполнена на кафедре частной зоотехнии, разведения и генетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Костромской государственной сельскохозяйственной академии.

Исследования проводились в период с 2019–2022 года в условиях племенных заводов по костромской породе СПК колхоз «Родина» и СПК «Гридино» Красносельского района Костромской области. Схема исследований представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема исследований

Объектом исследования были 115 коров костромской породы, в том числе 57 животных стада СПК колхоз «Родина» и 58 – СПК «Гридино». При этом количество животных, исследованных по гену  $\beta$ -CN, составило 45 голов в СПК колхоз «Родина» и 43 головы – в СПК «Гридино», а по гену  $\kappa$ -CN – 12 и 15 голов, соответственно.

По результатам генотипирования ДНК-материала, исследуемых животных в каждом предприятии разделили на группы, в соответствии с генотипом: по гену  $\beta$ -CN – 1)  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup>, 2)  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup>, 3)  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup>; по гену  $\kappa$ -CN – 1)  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup>, 2)  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup>, 3)  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>.

Для оценки хозяйственно полезных признаков и биологической эффективности коров с разными генотипами  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN животных распределили на следующие группы:

1) С учетом возраста животных: I – 1 лактация, II – 2 лактация и III – 3 и старше лактации.

2) С учетом доли крови по улучшающей швицкой породе: I – 0-49%, II – 50% и III – более 50%.

3) С учетом возраста первого осеменения: I – 14-17 мес.; II – 18-20 мес.; III – более 20 мес.

4) С учетом живой массы при первом плодотворном осеменении: I – 340-399 кг; II – 400-420 кг; III – более 420 кг.

5) С учетом продолжительности сервис-периода: I – менее 90 дн.; II – 91-110 дн.; III – более 110 дн.

Для оценки воспроизводительных качеств коров с разными генотипами генов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN животные были разделены на группы с учетом величины удоя: I – 0-5499 кг, II – 5500-6200 кг, III – более 6200 кг.

Условия содержания и кормления в рамках каждого предприятия у исследуемых животных были идентичны.

Для проведения исследования проводили отбор крови из хвостовой вены в промаркированные стерильные вакуумные пробирки «Vacumed» с антикоагулянтом ЭДТА К2 («Greiner Bio-One», Австрия). Изучение однонуклеотидных полиморфизмов

генов бета- и каппа- казеина проводили на базе лаборатории генетики и ДНК технологий ФГБОУ ВО Костромской ГСХА и лаборатории ФГБУ «ГНЦ Институт иммунологии» ФМБА России. Образцы ДНК из биоматериала получали с помощью набора «DNeasy Blood & Tissue Kit» («Qiagen», Германия) в соответствии с инструкцией производителя.

Генотипирование однонуклеотидного полиморфизма rs4370301 ( $\beta$ -CN) проводили методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) с использованием амплификатора «DTlite» (ООО «ДНК-технология»). Технология ПЦР-РВ представляет собой метод обработки данных, полученных в результате полимеразной цепной реакции. Сущность метода заключается в определении температуры плавления олигонуклеотидных зондов, которая напрямую зависит от наличия или же отсутствия нуклеотидных замен в матрице ДНК в области гибридизации зондов. Температура плавления определяется посредством наличия флуоресцентно-меченого типизирующего зонда и добавлением в реакционную смесь тугоплавкого олигонуклеотидного зонда с гасителем флуоресценции. Таким образом, при низких температурах происходит гибридизация зондов с ампликоном и в результате флуоресцентный краситель оказывается рядом с гасителем флуоресценции. Далее при повышении температуры и по увеличению флуоресцентного сигнала определяется температура плавления типизирующего зонда и, следовательно, наличие однонуклеотидной замены.

После окончания ПЦР реакционную смесь нагревают и непрерывно измеряют флуоресценцию. По достижении температуры плавления продукта амплификации флуоресценция резко снижается. На экран монитора, подключенного к прибору, выводятся графики – кривые плавления, на которых каждое резкое уменьшение флуоресценции соответствует числу полосок, получаемых на электрофореze, то есть числу разных типов ампликонов. Для получения корректных результатов проводили дифференциальный анализ полученных в результате ПЦР кривых плавления.

Для улучшения чувствительности метода ПЦР-РВ при генотипировании полиморфизма rs43703017 ( $\kappa$ -CN) применяли технологию HRM (High Resolution

Melting), используя амплификатор «DTprime» (ООО «ДНК-технология»). Данный метод обеспечивает анализ температуры плавления с высоким разрешением – 0,1 °С. Такой способ применяется для определения длин фрагментов нуклеиновых кислот, а также для анализа их нуклеотидного состава.

Описанные методы исключают использование электрофореза. Вместо этого предполагается использование математических методов анализа и возможность проводить автоматическую интерпретацию полученных результатов, что в свою очередь снимает проблему субъективной оценки электрофореграмм.

Синтез олигонуклеотидов и контрольных плазмид осуществлен на базе ООО «Евроген» (Россия). В состав смеси для постановки ПЦР (из расчета на 1 образец ДНК) входило 5 мкл образца ДНК, 20 мкл ПЦР-смеси, 10 мкл раствора полимеразы (0,5 мкл TAQ-АТ полимеразы и 9,5 мкл ПЦР-буфера) и 1 капля минерального масла. В состав ПЦР-смеси входили следующие компоненты: ПЦР-буфер, дезоксинуклеозидтрифосфат (dNTP), интеркалирующий краситель, праймеры.

Программа амплификации rs4370301 ( $\beta$ -CN): 1 цикл денатурации при 94 °С 2,00 мин, 50 циклов - отжиг при 67 °С 1,10 мин, элонгация при 94 °С 0,35 мин; 50 циклов плавления при 25 °С 0,15 мин, с обязательным оптическим измерением на стадиях отжига и плавления.

Программа амплификации для rs43703017 (k-CN): 40 циклов – денатурация при 94 °С 0,15 мин, отжиг при 64 °С 1,30 мин, элонгация при 72 °С 0,30 мин; 40 циклов плавления при 70-90 °С 0,20 мин с обязательным оптическим измерением.

В качестве материала для проведения оценки хозяйственно полезных признаков животных использовали данные племенного и зоотехнического учета на предприятиях СПК колхоз «Родина» и СПК «Гридино». Молочную продуктивность оценивали по данным ежемесячных контрольных доек. В условиях предприятий у исследуемых коров проводили отбор проб молока в промаркированные чистые герметичные контейнеры. Качество молока определяли методом инфракрасной спектрометрии на приборе «Bentley FTS DairySpec FT» (США) в лаборатории селекционного контроля качества молока



Регионального информационно-селекционного центра ФГБОУ ВО Костромской ГСХА.

Биологическую эффективность коров (БЭК) определяли по формуле (1) В.Н. Лазаренко и др. (1999), а коэффициент биологической полноценности (КБП) по формуле (2) О.В.Горелика (1999):

$$\text{БЭК} = \frac{Y * C}{Ж}; \quad (1)$$

$$\text{КБП} = \frac{Y * \text{СОМО}}{Ж}, \quad (2)$$

где  $Y$  – удой за 305 дней лактации, кг;  $C$  – содержание сухого вещества в молоке, %;  $\text{СОМО}$  – содержание сухого обезжиренного молочного остатка, %;  $Ж$  – живая масса коров, кг,

Кормовой коэффициент (FCR) и валовую эффективность использования кормов (GFE) определяли по формулам 3 и 4, предложенными Zamani P. (2012):

$$\text{FCR} = \frac{\text{DMI}}{\text{MY}}; \quad (3)$$

$$\text{GFE} = \frac{\text{MY}}{\text{DMI}}, \quad (4)$$

где:  $\text{DMI}$  и  $\text{MY}$  – потребление сухого вещества и удои, соответственно.

Для определения содержания сухого вещества в корме, проводили анализ общей питательности рационов на предприятиях.

Продуктивные качества первотелок изучали на основании данных зоотехнических документов (карточка племенной коровы – форма 2 мол).

Коэффициент воспроизводительной способности (КВС) рассчитывали по формуле (5) Н.М. Крамаренко (1974):

$$\text{КВС} = \frac{365}{\text{МОП}}, \quad (5)$$

где 365 – календарный год;  $\text{МОП}$  – межотельный период.

Индекс плодовитости рассчитывали по формуле (6) Я. Дохи (1961):

$$T = 100 - (K + 2 * i) \quad (6)$$

где  $T$  – индекс плодовитости;  $K$  – возраст коровы при первом отеле, месяцев;  $i$  – интервал между отелями, месяцев.

Индекс воспроизводительной способности (ИВС) рассчитывали по формуле (7):

$$\text{ИВС} = \frac{\text{число отелов}}{\text{возраст коровы в годах} - 2}, \quad (7)$$

Экономическая эффективность использования коров с разными генотипами  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN определялась согласно «Методическим рекомендациям по определению экономической эффективности от внедрения результатов научно-исследовательских работ в животноводстве» с учетом ГОСТа на молоко (2003 г.) по базисной общероссийской норме массовой доли белка и жира по следующим формулам:

$$\text{МЖБ} = \frac{\text{Мф} \cdot \text{Жф} \cdot \text{Бф}}{\text{Жб} \cdot \text{Бб}}, \quad (8)$$

где Мжб – условное значение массы нетто молока, кг; Мф – фактическое значение массы нетто молока, кг; Жф – фактическое значение массовой доли жира, %; Бф – фактическое значение массовой доли белка, %; Жб – базисная общероссийская норма массовой доли жира, %; Бб – базисная общероссийская норма массовой доли белка, %;

$$\text{Э} = \frac{\text{Ц} \cdot \text{С} \cdot \text{П} \cdot \text{Л} \cdot \text{К}}{100}, \quad (9)$$

где Э – экономическая эффективность; Ц – цена реализации 1 кг молока, руб.; С – базовый вариант (первотёлки с генотипом каппа-казеина AA), кг; П – прибавка основной продукции, %; Л – постоянный коэффициент уменьшения результата, связанный с дополнительными затратами на прибавочную продукцию, равный 0,75; К – количество животных.

Частоту генотипов рассчитывали по формуле:

$$p = \frac{m}{N}, \quad (10)$$

где p – частота генотипа; m – количество особей, имеющих определенный генотип, N – общее число особей.

Частоту аллелей рассчитывали по общепринятым формулам:

$$p = \frac{2n_{AA} + n_{AB}}{2N} \text{ и } q = \frac{2n_{BB} + n_{AB}}{2N}, \quad (11)$$

где  $p$  – частота аллеля А,  $q$  – частота аллеля В,  $n_{AA}$ ,  $n_{AB}$ ,  $n_{BB}$  – число особей с генотипом АА, АВ и ВВ соответственно,  $N$  – общее число особей.

Результаты исследований подвергли статистической обработке на основе общепринятых статистических методов (Плохинский Н.А, 1969; Меркурьева Е.К, 1970) с использованием программных возможностей Microsoft Office Excel 2016. Долю влияния различных факторов и генотипов по маркерным генам на показатели продуктивности рассчитывали посредством однофакторного дисперсионного анализа (Плохинский Н.А, 1969). Достоверность полученных результатов оценивали с использованием критерия Стьюдента.

## **2.2 Результаты собственных исследований**

### **2.2.1 Краткая характеристика предприятий**

СПК «Гридино» и СПК колхоз «Родина» являются племенными заводами по разведению крупного рогатого скота костромской породы, расположенными в Красносельском районе Костромской области. Основными видами деятельности предприятий является выращивание молочного крупного рогатого скота и производство сырого молока. Выпускаемая молочная продукция отвечает требованиям стандартов и соответствует высшему сорту. Хозяйства осуществляют продажу племенного скота в Ивановскую, Московскую, Воронежскую области и районы Костромской области. По данным бонитировки за 2021 г. в СПК «Гридино» и СПК колхоз «Родина» содержатся 589 и 745 голов крупного рогатого скота костромской породы, в том числе коров – 425 и 450 голов, соответственно. За календарный год из предприятий СПК «Гридино» и СПК колхоз «Родина» было выбраковано соответственно 74 и 113 голов, из которых 2 и 11 голов было выбраковано в связи с низкой продуктивностью и 30 – по причинам гинекологических заболеваний. Средний годовой удой на корову в СПК «Гридино» и СПК колхоз «Родина» составил 6035 кг и 6289 кг, средняя жирность молока – 4,63% и 4,02%, содержание белка – 3,29% и 3,24% соответственно.

Система содержания крупного рогатого скота – круглогодовая стойловая, безвыгульная, способ содержания – привязный. Доеение коров трехкратное, осуществляется цикличной доильной установкой (АДМ-8А). Взвешивание животных производится на весах фирмы «Армалит» 5063рп-ппт3с25//14 0010-87. Вентиляция помещений осуществляется приточно-вытяжным способом. Освещение смешанное: естественная и искусственная освещенность. В данных предприятиях используются корма собственного производства, которые хранятся согласно требованиям Фитосанитарного надзора. Рационы составляются с помощью компьютерной программы «Рацион 2» на основе норм кормления с учетом физиологического периода (сухостой, лактация) и уровня молочной продуктивности за 305 дней предыдущей лактации. Кормление животных

осуществляется двукратно с помощью ИСРК-12 «ХОЗЯИН». По составу рацион в целом отвечает предъявляемым требованиям. Однако выявлено отклонение соотношения питательных веществ и дисбаланс минеральных и витаминных компонентов в рационах от рекомендуемых нормативов (Костомахин Н.М., 2006).

Так, в СПК «Гридино» в период с 2019-2022 гг. в рационе дойных коров содержание сырой клетчатки, сахара и поваренной соли было ниже нормы на 2,65%, 49,55% и 59,05% соответственно. При этом наблюдался избыток сырого протеина на 10,07% и сырого жира – на 48,78%. Регистрировали нарушение витаминно-минерального баланса в рационе: недостаток фосфора при избытке кальция – на 16,84% и 30,99% соответственно, а также недостаток витамина Е – на 30,31%. Отмечали превышение оптимального уровня содержания магния на 74,74% и нехватку калия – на 87,73%. На протяжении 3-х лет содержание йода было ниже нормы, в среднем на 97,64%. Также зафиксирован избыток железа (на 56,27%), меди (на 261,23%), цинка (на 76,68%), кобальта (на 50,40%), марганца (на 83,20%) и каротина (на 103,20%).

В рационах дойных коров стада СПК колхоз «Родина» содержание сырого протеина в среднем было выше нормы на 23,04%, при недостатке сырой клетчатки и сахара на 11,26% и 5,67% соответственно. Недостаток фосфора на 19,90%, а также магния, калия, цинка, кобальта, марганца, йода и витаминов D и E свидетельствуют о нарушении витаминно-минерального баланса. Способствующими факторами являлось отсутствие моциона и достаточной инсоляции.

Для поддержания нормального состояния обмена веществ коровам необходимы конкретные углеводы, так как за счет углеводов, и в меньшей степени за счет жира и протеина, удовлетворяется потребность организма в энергии. Поэтому наиболее значимым показателем рациона животных является сухое вещество, так как именно в нем содержится обменная энергия корма, которая в большей степени определяет объемы производимой продукции. Так, одна дойная корова стада СПК «Гридино» в среднем за сутки получает 17,40 кг сухого вещества с кормом, а в СПК колхоз «Родина» – 14,20 кг, что соответствует нормам. Однако животные с разной эффективностью используют полученную с

кормом энергию. Поэтому существует необходимость в оценке рациональности использования сухого вещества корма у коров, которая зависит не только от уровня кормления и качества используемых кормов, но и от ряда факторов, таких как генотип по бета- и каппа-казеину, доля кровности по улучшающей породе, возраст, возраст первого плодотворного осеменения, масса при первом плодотворном осеменении, продолжительность сервис-периода и др.

## 2.2.2 Частота встречаемости генотипов $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN у коров костромской породы

Известно, что костромская и родственная ей швицкая породы крупного рогатого скота отличаются высокой частотой встречаемости желательных аллелей  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> (Г.Е. Сулимова и др., 2011; А. В. Перчун и др., 2012). Исследователи объясняют это сходство тем, что в их селекции не применялись голштинизированные породы, в геноме которых преобладают аллели  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>A</sup> (Калашникова Л.А. и др., 2015; Карамаева А.С. и др., 2021).

Оценка частоты встречаемости аллелей и генотипов генов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN на примере исследуемых предприятий подтверждает полученные ранее результаты (рисунок 2, 3, 4, 5).

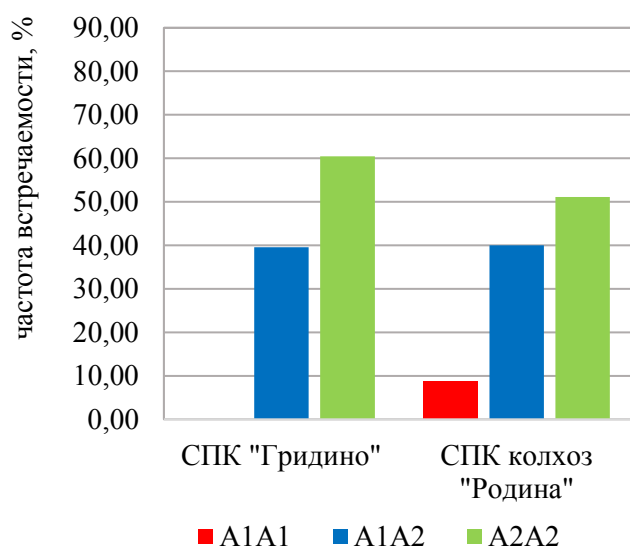


Рисунок 2 – Частота встречаемости генотипов гена  $\beta$ -CN

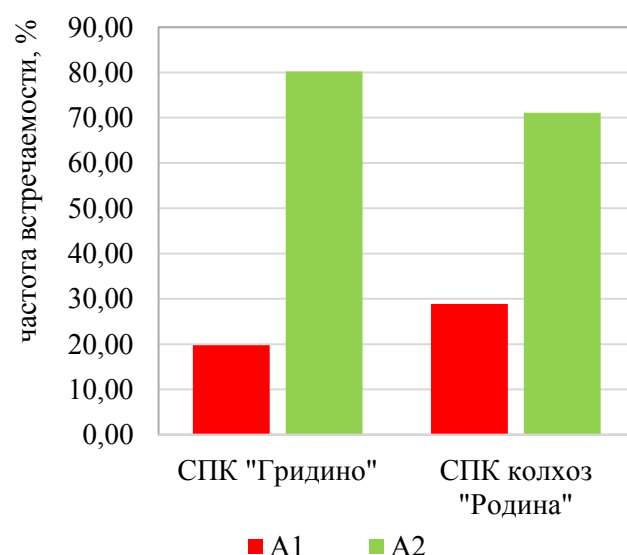


Рисунок 3 – Частота встречаемости аллелей гена  $\beta$ -CN

Из рисунка 2 следует, что в стаде СПК «Гридино» желательный генотип  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> идентифицирован у 60,00% исследуемого поголовья, а  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> – у 40,00%, при этом в данной выборке коров-носителей генотипа  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> не было обнаружено. В СПК колхоз «Родина» желательный генотип  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> обнаружен у 51,00% изучаемого поголовья,  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> – у 40,00%, а  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> – у 9,00%.

Аллель  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> в стаде СПК «Гридино» регистрировался в геноме 80,00% животных, а аллель  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> лишь у 20,00%. В СПК колхоз «Родина» аллель  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> регистрировался в геноме 71,00%, а аллель  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> у 29,00% животных (см. рисунок 3).

Анализ частоты встречаемости генотипов гена к-CN среди коров костромской породы стада СПК «Гридино» показал, что наиболее часто встречался к-CN<sup>BB</sup>, идентифицированный у 38,00% особей, в то время как к-CN<sup>AB</sup> и к-CN<sup>AA</sup> регистрировались у 31,00% животных. В СПК колхоз «Родина» наиболее часто определялся к-CN<sup>BB</sup> (54,00% изучаемой выборки), в то время как к-CN<sup>AB</sup> и к-CN<sup>AA</sup> обнаружили у 23,00% коров (рисунок 4).

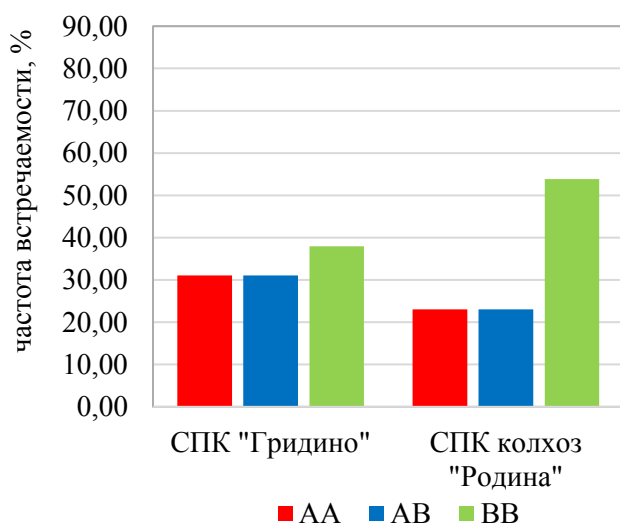


Рисунок 4 – Частота встречаемости генотипов гена к-CN

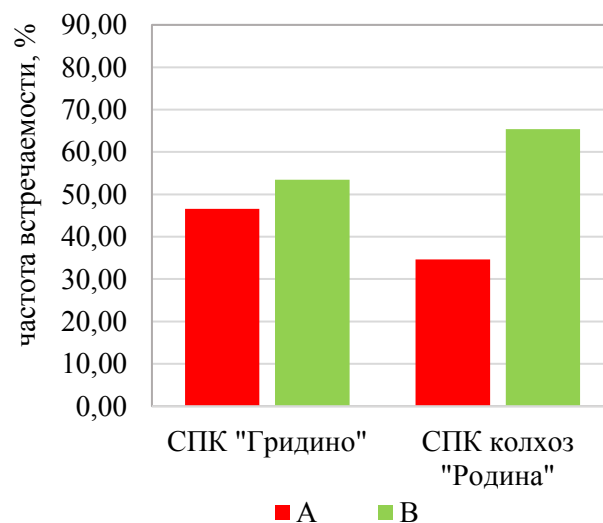


Рисунок 5 – Частота встречаемости аллелей гена к-CN

Аллель к-CN<sup>B</sup> в СПК «Гридино» был зафиксирован у 53,00% коров, а аллель к-CN<sup>A</sup> – у 46,00% животных, в то время как в СПК колхоз «Родина» аллель к-CN<sup>B</sup> зафиксирован у 65,00% особей и аллель к-CN<sup>A</sup> – у 37,00% изучаемых животных (см. рисунок 5).

Таким образом, в изучаемой выборке коров костромской породы наибольшей частотой встречаемости характеризуются желательные генотипы  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>, а также аллели  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>B</sup>.

### 2.2.3 Молочная продуктивность и биологическая эффективность коров костромской породы

#### 2.2.3.1 Молочная продуктивность коров с разными генотипами $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN

Различные аллельные варианты маркерных генов оказывают влияние на синтез основных компонентов молока, вследствие чего у коров с разными генотипами  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN наблюдаются различия в его качественном составе и величине удоя. В ходе оценки молочной продуктивности коров костромской породы (таблица 1) установлено достоверное влияние генотипов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN на количественные и качественные показатели. Так, содержание сухого вещества (СВ) в молоке коров на 20,00% зависит от генотипа по гену  $\beta$ -CN ( $P < 0,05$ ).

Таблица 1 – Молочная продуктивность и качественный состав молока коров с разными генотипами  $\beta$ -CN

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	A1A1	A1A2	A2A2	A1A1	A1A2	A2A2
n	4	18	23	-	17	26
Удой, кг	5332,00 ±155,00	5516,00 ±152,00	5834,00 ±119,00 <sup>1*</sup>	-	5702,00 ±138,00	6104,00 ±140,00 <sup>2*</sup>
МДЖ, %	3,96±0,04	3,95±0,03	3,98±0,06	-	4,52±0,04	4,53±0,04
МДБ, %	3,23±0,02	3,22±0,01	3,21±0,01	-	3,33±0,02	3,31±0,02
СОМО, %	7,58±0,12	7,82±0,15	8,28±0,16 <sup>1*</sup>	-	7,58±0,42	7,51±0,19
СВ, %	11,20±0,14	11,44±0,12	12,13±0,18 <sup>1*</sup>	-	11,15±0,34	11,18±0,21

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1- A2A2 с A1A1; 2 -, A2A2 с A1A2 (\* –  $P < 0,05$ ).

Как видно из данных таблицы 1, удой коров стада СПК колхоз «Родина» с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> по бета-казеину составил 5834,00±119,00 кг, что на 8,60% кг больше, чем у  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> ( $P < 0,05$ ). Также выявлено достоверное преимущество животных с аллельным вариантом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> по содержанию СОМО и сухого вещества в молоке. Разница в данных показателях по сравнению с  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup>



составила 9,23% и 8,30%, соответственно ( $P < 0,05$ ). По остальным показателям достоверных различий зафиксировать не удалось. Однако прослеживается тенденция к увеличению показателей МДЖ у животных с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> (3,98%) по сравнению с  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> (3,96%).

В стаде СПК «Гридино» коров-носителей аллеля  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> не было выявлено, поэтому сравнить их показатели не предоставляется возможным. Однако относительно гетерозиготных животных  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> у особей  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> отмечается преимущество по удою на 7,05% ( $P < 0,05$ ) и наиболее высокое содержания жира в молоке –  $4,53 \pm 0,04\%$ .

Анализ показателей продуктивности у животных с разными генотипами по гену к-CN показал, что объем молочной продуктивности коров изучаемой выборки на 28,00% определяется генотипом к-CN, а содержание жира в молоке – на 33,00% ( $P < 0,05$ ) (таблица 2).

Таблица 2 – Молочная продуктивность и качественный состав молока коров с разными генотипами к-CN

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	AA	AB	BB	AA	AB	BB
n	9	9	21	9	9	11
Удой, кг	5236,00 $\pm 145,00$	5558,00 $\pm 132,00^{2*}$	5931,00 $\pm 123,00^{1*}$	5332,00 $\pm 255,00$	6141,00 $\pm 186,00$	6331,00 $\pm 189,00^{1*}$
МДЖ, %	3,94 $\pm 0,08$	3,98 $\pm 0,07$	3,96 $\pm 0,07$	3,96 $\pm 0,04$	4,30 $\pm 0,10$	4,55 $\pm 0,10^{1*}$
МДБ, %	3,19 $\pm 0,06$	3,18 $\pm 0,03$	3,22 $\pm 0,06$	3,23 $\pm 0,05$	3,28 $\pm 0,05$	3,32 $\pm 0,05$
СОМО, %	7,54 $\pm 0,23$	6,80 $\pm 0,08^{2*}$	8,29 $\pm 0,19^{1*}$	7,58 $\pm 0,21$	5,91 $\pm 0,34$	6,96 $\pm 0,23^{2*}$
СВ, %	11,32 $\pm 0,15$	10,78 $\pm 0,08^{2*}$	12,02 $\pm 0,25^{1*}$	11,20 $\pm 0,54$	10,21 $\pm 0,37$	10,73 $\pm 0,40$

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 - BB с AA; 2 - BB с AB (\* –  $P < 0,05$ ).

Из данных, представленных в таблице 2, следует, что в стаде СПК колхоз «Родина» удои особей с генотипом к-CN<sup>BB</sup> были на 11,72% больше, чем у к-CN<sup>AA</sup> и на 6,29% чем у к-CN<sup>AB</sup> ( $P < 0,05$ ). При этом в молоке носителей к-CN<sup>BB</sup> по сравнению с к-CN<sup>AA</sup> наблюдается более высокое содержание СОМО и СВ – на 9,94% и 6,18% соответственно ( $P < 0,05$ ). Разница по СОМО между генотипами к-CN<sup>BB</sup> и к-CN<sup>AB</sup> составила 18,23%, а по СВ – 13,82% ( $P < 0,05$ ) в пользу

желательного генотипа  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>. Наиболее высокое содержание белка также отмечалось в молоке коров  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> –  $3,22 \pm 0,06\%$ .

Аналогичные закономерности были выявлены в СПК «Гридино». Коровы-носители генотипа  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> превосходили животных  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> по удою на 15,78%, а по содержанию жира – на 14,89%, но уступали по СОМО на 8,90% ( $P < 0,05$ ). Также у особей  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> прослеживается тенденция к увеличению содержания белка в молоке. МДБ у животных  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> была на 2,78% больше, чем у  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup>.

При анализе молочной продуктивности в разрезе лактаций было установлено, что у носителей генотипов  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup>,  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup>,  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> с возрастом не происходит снижение продуктивности, а в некоторых случаях наоборот, наблюдается ее увеличение (таблица 3, 4).

Таблица 3 – Молочная продуктивность и качественный состав молока коров с разными генотипами  $\beta$ -CN в разрезе лактаций

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	№ лактации			№ лактации		
	I	II	III и старше	I	II	III и старше
Генотип	A1A1					
n	4	4	4	-	-	-
Удой, кг	5207,00 ±278,00	5305,00 ±176,00	5384,00 ±198,00	-	-	-
МДЖ, %	3,92±0,03	3,95±0,05	3,94±0,03	-	-	-
МДБ, %	3,20±0,03	3,21±0,03	3,23±0,02	-	-	-
СОМО, %	6,78±0,10	6,75±0,17	6,76±0,13	-	-	-
СВ, %	10,70±0,13	10,70±0,13	10,70±0,13	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	18	17	17	17	14	12
Удой, кг	5043,00 ±193,00	5578,00 ±256,00	6015,00 ±184,00 <sup>1**,3**</sup>	5587,00 ±257,00	5543,00 ±161,00	5820,00 ±228,00
МДЖ, %	3,93±0,02	3,94±0,03	4,00±0,02 <sup>1*</sup>	4,50±0,04	4,48±0,07	4,53±0,08
МДБ, %	3,21±0,02	3,22±0,02	3,23±0,02	3,33±0,03	3,31±0,04	3,34±0,03
СОМО, %	7,83±0,15	7,87±0,15	7,81±0,17	7,59±0,42	7,67±0,44	7,50±0,53
СВ, %	11,44±0,12	11,45±0,13	11,45±0,13	11,15±0,34	11,07±0,35	10,93±0,38
Генотип	A2A2					
n	23	23	20	26	25	22
Удой, кг	5222,00 ±187,00	5792,00 ±157,00 <sup>4*</sup>	5990,00 ±206,00 <sup>1**,2**</sup>	5644,00 ±176,00	6189,00 ±181,00 <sup>2*</sup>	6426,00 ±190,00 <sup>3*,1*</sup>
МДЖ, %	4,01±0,02 <sup>2*</sup>	4,02±0,03	4,01±0,03	4,46±0,07	4,54±0,04	4,56±0,04
МДБ, %	3,27±0,01	3,26±0,01	3,24±0,01	3,30±0,03	3,29±0,02	3,34±0,03
СОМО, %	8,30±0,17	8,26±0,15	8,20±0,18	7,54±0,18	7,45±0,19	7,30±0,20
СВ, %	12,13±0,18	12,12±0,18	12,08±0,18	11,18±0,21	11,17±0,22	10,95±0,21

Примечание: достоверность различий указана в сравнении: 1 – I и III групп; 2 – A1A1 и A2A2; 3 – A1A2 и A2A2; 4 – A1A1 и A1A2 (\* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$ ).

Так, в стаде СПК колхоз «Родина» удой коров-носителей желательного генотипа  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> был больше, чем у животных  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> за вторую лактацию на 9,18% ( $P < 0,05$ ) (см. таблица 3), а за третью и старшие лактации – на 10,56% ( $P < 0,01$ ). Разница в показателях полновозрастных особей с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> и  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> составила – 11,71% в пользу носителей аллеля A2. Также прослеживается тенденция к наиболее высокому проценту жира, СОМО и сухого вещества в молоке полновозрастных коров  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> по сравнению с  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> – на 1,77%, 21,30% и 18,22% соответственно. Регистрировалась положительная возрастная динамика показателей. Наиболее высокий удой был получен от полновозрастных животных  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> –  $6015,00 \pm 184,00$  кг, что на 18,19% больше по сравнению с первотелками, а у особей  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> эта разница составила – 14,70% ( $P < 0,01$ ).

Наиболее высокие удои исследуемых животных в стаде СПК «Гридино» были у носителей желательного генотипа  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup>. Так разница в показателях за вторую лактацию составила 11,65%, а за третью и старшие – 10,41% ( $P < 0,05$ ). Достоверных различий по качественным показателям не было выявлено, поскольку в геноме исследуемых животных данного стада имеется аллель  $\beta$ -CN<sup>A2</sup>, а носителей генотипа  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> не обнаружено. Однако прослеживается положительная возрастная динамика показателей удоя, в особенности у особей  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup>. Удой полновозрастных коров с данным генотипом был на 13,85% выше, чем у первотелок ( $P < 0,05$ ), при содержании жира в молоке –  $4,56 \pm 0,04\%$ .

Аналогичная тенденция прослеживается у животных с различными аллельными вариантами гена к-CN в обоих предприятиях (таблица 4).

Таблица 4 – Молочная продуктивность и качественный состав молока коров с разными генотипами к-CN в разрезе лактаций

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	№ лактации			№ лактации		
	I	II	III и старше	I	II	III и старше
Генотип	AA					
n	9	9	9	9	9	9
Удой, кг	4915,00 ±265,00	5244,00 ±189,00	5549,00 ±179,00	5113,00 ±217,00	5578,00 ±152,00	5718,00 ±166,00 <sup>1*</sup>
МДЖ, %	3,95±0,04	3,94±0,03	3,94±0,04	4,15±0,05	4,41±0,11	4,40±0,13
МДБ, %	3,20±0,03	3,19±0,03	3,20±0,01	3,24±0,03	3,27±0,03	3,26±0,03
СОМО, %	7,54±0,23	7,22±0,22	7,49±0,20	6,66±0,35	6,67±0,34	6,49±0,37
СВ, %	11,32±0,15	10,99±0,08	11,25±0,11	10,57±0,18	10,82±0,12	10,58±0,16
Генотип	AB					
n	9	9	9	9	9	9
Удой, кг	5249,00 ±206,00	5665,00 ±108,00	5761,00 ±132,00	5643,00 ±338,00	6333,00 ±194,00	6080,00 ±144,00
МДЖ, %	3,94±0,03	4,01±0,03	4,00±0,04	4,31±0,07	4,37±0,10	4,22±0,13
МДБ, %	3,21±0,02	3,20±0,02	3,22±0,02	3,29±0,03	3,32±0,02	3,29±0,02
СОМО, %	6,84±0,09	6,76±0,08	6,80±0,08	5,90±0,33	6,31±0,18	6,40±0,19
СВ, %	10,78±0,08	10,77±0,08	10,80±0,08	10,21±0,37	10,68±0,23	10,61±0,22
I	2	3	4	5	6	7
Генотип	BB					
n	21	20	18	11	10	10
Удой, кг	5663,00 ±107,00 <sup>2*</sup>	6077,00 ±170,00 <sup>2**</sup>	6166,00 ±187,00 <sup>2*,1*</sup>	6177,00 ±153,00 <sup>2***</sup>	6531,00 ±298,00 <sup>2**</sup>	6026,00 ±290,00
МДЖ, %	4,00±0,02	4,07±0,03 <sup>2**</sup>	4,04±0,03	4,47±0,05 <sup>2***</sup>	4,55±0,06	4,60±0,06
МДБ, %	3,26±0,02	3,25±0,02	3,28±0,03 <sup>2*</sup>	3,33±0,04	3,32±0,02	3,32±0,03
СОМО, %	8,26±0,20 <sup>3**</sup>	8,24±0,18	8,11±0,19	7,14±11,09	7,20±0,26	7,19±0,25
СВ, %	12,02±0,25 <sup>3**</sup>	12,00±0,26	11,93±0,28	11,09±0,26	11,17±0,28	11,17±0,28

Примечание: достоверность различий указана в сравнении: 1 – I и III групп; 2 – AA и BB; 3 – AB и BB; (\* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$ ; \*\*\* –  $P < 0,001$ ).

Согласно данным, представленным в таблице 4, в стаде СПК колхоз «Родина» наиболее высокий уровень молочной продуктивности наблюдался у носителей желательного генотипа к-CN<sup>BB</sup>. Эти животные превосходили особей к-CN<sup>AA</sup> по удою за первую лактацию на 15,21% ( $P < 0,05$ ), за вторую – на 15,88% ( $P < 0,01$ ), за третью – на 11,11% ( $P < 0,05$ ). При этом регистрировали достоверное преимущество по содержанию жира в молоке за вторую лактацию у коров к-CN<sup>BB</sup> относительно к-CN<sup>AA</sup> – 3,29% ( $P < 0,01$ ), а так же по содержанию СОМО и СВ в молоке относительно особей к-CN<sup>AB</sup> – на 20,76% и 11,50% соответственно ( $P < 0,01$ ). Также у животных с генотипом к-CN<sup>BB</sup> отмечается достоверное

превосходство по содержанию белка в молоке по сравнению с представителями генотипа  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup>. У полновозрастных животных разница по этому показателю составила 2,50% ( $P < 0,05$ ). Регистрируется положительная динамика показателей у взрослых коров. Так, у животных с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> удои с возрастом увеличились на 8,88% ( $P < 0,05$ ) при содержании жира в молоке  $4,04 \pm 0,03\%$ , а белка –  $3,28 \pm 0,03\%$ .

В стаде СПК «Гридино» носители желательного генотипа  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> превосходили коров  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> по удою за первую лактацию на 20,80%, а за вторую – на 17,08%. При этом в молоке особей  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> регистрируется более высокое содержание жира в молоке, по сравнению с  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> – на 7,71% ( $P < 0,05$ ), а так же тенденция к наиболее высокому содержанию белка – на 1,84-2,77%, СОМО – на 7,20-10,78%, СВ – 4,58-4,91%. С возрастом удои коров  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> увеличились на 7,74% при незначительном снижении содержания жира с  $4,31 \pm 0,07\%$  до  $4,22 \pm 0,13\%$ . У особей с желательным генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> удои к третьей и старшим лактациям незначительно уменьшились (с  $6177,00 \pm 153,00$  до  $6026,00 \pm 290,00$ ), однако при этом увеличилось и содержание жира в молоке – с  $4,47 \pm 0,05\%$  до  $4,60 \pm 0,06\%$ , а содержание белка, СОМО и СВ по-прежнему было выше, относительно других генотипов –  $3,32 \pm 0,03\%$ ,  $7,19 \pm 0,25\%$ ,  $11,17 \pm 0,28\%$  соответственно.

Таким образом, генотип по генам  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN оказывает достоверно влияние на показатели молочной продуктивности. Носители желательного генотипа  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> отличались наиболее высокими удоями, в то время как в молоке особей с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> обнаруживалось наиболее высокое содержание ценных компонентов молока (жир, белок, СОМО и СВ). При этом коровы-носители  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> характеризуются способностью сохранять высокие показатели продуктивности на протяжении всего срока хозяйственного использования.

### 2.2.3.2 Биологическая эффективность коров с разными генотипами $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN

Молоко коров костромской породы, при сравнительно высоких удоях, отличается большим содержанием ценных компонентов, таких как СОМО и сухое вещество, в которые входят жир и белок. При этом установлено, что наибольшей биологической эффективностью обладают животные с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> в обоих предприятиях (таблица 5, 6).

Таблица 5 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами гена  $\beta$ -CN

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	A1A1	A1A2	A2A2	A1A1	A1A2	A2A2
n	4	18	23	-	17	26
БЭК, %	112,49±7,03	119,66±3,30 <sup>2*</sup>	132,62±3,42 <sup>1*</sup>	-	125,03±5,65	134,76±4,02
КБП, %	76,35±7,63	81,75±2,50	90,37±2,71	-	84,88±5,30	90,64±3,05
FCR, кг	1,04±0,05	1,08±0,03	1,14±0,02	-	1,04±0,03	1,12±0,03
GFE, кг	0,97±0,05	0,94±0,03	0,88±0,02	-	0,97±0,02	0,91±0,02

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 - A1A1 с A2A2; 2 - A1A2 с A2A2 (\* – P<0,05).

Как видно из данных таблицы 5, в СПК колхоз «Родина» коровы-носители  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> превосходили особей  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> по БЭК на 20,13%, а животных  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> – на 12,96% (P<0,05). Также прослеживается тенденция к увеличению остальных показателей. Так, разница между  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> по КБП составила 18,36%, по FCR – на 9,61%, по GFE – 10,22% в пользу носителей  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup>.

Среди исследуемых животных в стаде СПК «Гридино» не выявлено достоверных различий, разница по показателям находилась в пределах статистической ошибки, однако наблюдается тенденция к высокому уровню реализации генетического потенциала у коров  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup>. Так, эти животные превосходили особей  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> по БЭК на 7,78%, по КБП – на 6,78%, по FCR – на 7,69%, по GFE – на 6,59%.

Величина коэффициента биологической полноценности молока и коэффициента конверсии корма была обусловлена геном каппа-казеина на 22% и

43% соответственно ( $P < 0,05$ ). Наиболее высокой биологической эффективностью отличались коровы костромской породы с желательным генотипом ВВ (таблица 6).

Таблица 6 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами гена к-CN

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	генотип			генотип		
	АА	АВ	ВВ	АА	АВ	ВВ
n	9	9	21	9	9	11
БЭК, %	111,85±3,54	112,43±3,12 <sup>2*</sup>	134,01±3,93 <sup>1*</sup>	117,76±4,33	121,09±4,67	133,63±6,92
КБП, %	74,55±3,15	70,93±2,21 <sup>2**</sup>	92,47±2,97 <sup>1**</sup>	73,69±3,33	70,05±4,17	87,08±5,92
FCR, кг	1,02±0,03	1,09±0,02	1,16±0,02 <sup>1*</sup>	0,95±0,04	1,06±0,03	1,16±0,04 <sup>1**</sup>
GFE, кг	0,99±0,03	0,92±0,02	0,87±0,02	1,06±0,04	0,94±0,02	0,87±0,03 <sup>1*</sup>

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 - АА с ВВ; 2 - АВ с ВВ (\* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$ ).

В результате анализа данных таблицы 6 установлено, что коровы стада СПК колхоз «Родина» с генотипом к-CN<sup>ВВ</sup> превосходят особей к-CN<sup>АА</sup> по БЭК на 22,16% ( $P < 0,05$ ), по КБП – на 17,92% ( $P < 0,01$ ), а по FCR – на 13,72% ( $P < 0,05$ ). При этом разница между животными с генотипом к-CN<sup>ВВ</sup> и к-CN<sup>АВ</sup>, с преимуществом в пользу первых, по БЭК и КБП составила 21,58% ( $P < 0,05$ ) и 21,54% ( $P < 0,01$ ) соответственно.

В стаде СПК «Гридино» наблюдается тенденция увеличения показателей коров с генотипом к-CN<sup>ВВ</sup>, у которых были наиболее высокие показатели БЭК (133,63±6,92%) и КБП (87,08±5,92%). По коэффициентам FCR и GFE животные с генотипом к-CN<sup>ВВ</sup> превосходили к-CN<sup>АА</sup> на 22,10% ( $P < 0,01$ ) и 21,83% ( $P < 0,05$ ), соответственно.

Биологическая эффективность коров с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> в исследуемых предприятиях отличалась стабильно высоким уровнем на протяжении трех и более лактаций, относительно других генотипов, за счет лучшей конверсии корма и валовой эффективности использования кормов (таблица 7).

Таблица 7 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами гена  $\beta$ -CN в разрезе лактаций

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	№ лактации			№ лактации		
	I	II	III и старшие	I	II	III и старшие
Генотип	A1A1					
n	4	4	4	-	-	-
БЭК, %	112,33±7,16	106,61±7,57	102,28±4,41	-	-	-
КБП, %	71,17±4,76	67,23±5,08	64,60±2,73	-	-	-
FCR, кг	1,01±0,06	1,03±0,07	1,05±0,04	-	-	-
GFE, кг	1,00±0,06	0,98±0,07	0,97±0,06	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	18	17	17	17	14	12
БЭК, %	115,45±4,59	119,88±4,61	121,82±3,99	126,95±7,82	118,25±3,86	118,64±8,71
КБП, %	79,03±3,36	82,54±3,76	82,88±2,62	86,04±6,47	81,47±4,30	81,03±7,19
FCR, кг	0,98±0,04	1,08±0,05	1,19±0,03 <sup>1*</sup>	1,02±0,05	1,00±0,03	1,06±0,07
GFE, кг	1,05±0,04	0,95±0,04	0,85±0,02 <sup>1*</sup>	1,03±0,06	1,01±0,03	0,99±0,08
Генотип	A2A2					
n	23	23	20	26	25	22
БЭК, %	125,68±5,00	131,46±3,98 <sup>2*</sup>	128,62±4,87 <sup>2*</sup>	130,96±5,18	137,07±4,92 <sup>2*</sup>	131,66±4,03
КБП, %	85,65±3,77	89,21±2,96 <sup>2*</sup>	87,03±3,76 <sup>2*</sup>	88,49±3,73	91,34±3,33	87,86±3,13
FCR, кг	1,03±0,04 <sup>1*</sup>	1,15±0,03	1,18±0,04 <sup>2*</sup>	1,02±0,04	1,13±0,03 <sup>2*</sup>	1,18±0,03 <sup>1*</sup>
GFE, кг	1,00±0,04	0,88±0,02	0,86±0,03 <sup>1*</sup>	1,01±0,04	0,90±0,03	0,86±0,02 <sup>1*</sup>

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 – I и III групп; 2 – A1A1 и A2A2 (\* –  $P < 0,05$ ).

Из данных таблицы 7 следует, что в стаде СПК колхоз «Родина» наиболее высокие показатели коэффициентов реализации генетического потенциала коров, были у животных, в геноме которых имеется желательный аллель  $\beta$ -CN<sup>A2</sup>. Так, БЭК и КБП особей с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> был выше, чем у  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> за вторую лактацию на 13,27% и 22,31%, а за третью и старшие – на 26,34% и 22,43% соответственно ( $P < 0,05$ ). При этом регистрируется достоверное превосходство полновозрастных коров  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> над  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> по FCR на 12,38% ( $P < 0,05$ ). Гетерозиготы  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> за третью и старшие лактации превосходили  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> по FCR на 13,44%, а по GFE на 14,11%. Также отмечается тенденция увеличения показателей у взрослых особей с аллелем  $\beta$ -CN<sup>A2</sup>. У коров с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> БЭК и КБП возрос на 2,33% и 1,61% соответственно, в то время как FCR и GFE достоверно увеличились на 14,56% и 16% соответственно. Аналогичный характер изменения показателей наблюдался у гетерозигот  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup>. При этом у гомозит  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> наблюдалась тенденция к снижению БЭК и КБП с возрастом на 9,82% и 10,17%.



В связи с отсутствием среди исследуемых животных особей с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> в стаде СПК «Гридино» сравнить их показатели не предоставляется возможным. Однако регистрируется преимущество коров с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> по сравнению с животными, в геноме которых присутствует аллель  $\beta$ -CN<sup>A1</sup>. Так, особи с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> превосходили животных  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> по БЭК и FCR за вторую лактацию на 15,91% и 13,00,% соответственно ( $P < 0,05$ ), а также имели более высокие значения КБП (от 87,86±3,13% до 91,34±3,33%). При этом у коров  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> отмечается тенденция к снижению показателей с возрастом (БЭК – на 7,00%, КБП – на 6,18%), в то время как у особей  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> показатели остались без видимых изменений и сохранились на высоком уровне.

Также выявлено, что генотип  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> определяет высокую биологическую эффективность коров породы на протяжении всего периода их использования (таблица 8).

Таблица 8 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами гена  $\kappa$ -CN в разрезе лактаций

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	№ лактации			№ лактации		
	I	II	III	I	II	III
Генотип	AA					
n	9	9	9	9	9	9
БЭК, %	111,66±6,25	109,50±4,03	110,31±1,57	111,05±4,17	120,76±4,25	106,91±2,76
КБП, %	74,34±4,51	71,93±3,34	73,48±2,31	70,10±4,58	73,98±3,30	65,75±4,52
FCR, кг	0,96±0,05	1,02±0,04	1,08±0,02 <sup>2*</sup>	0,85±0,03	0,99±0,04	0,96±0,03
GFE, кг	1,07±0,06	0,99±0,04	0,93±0,02	1,18±0,04	1,02±0,04	1,06±0,04
Генотип	AB					
n	9	9	9	9	9	9
БЭК, %	112,17±4,91 <sup>3*</sup>	113,99±3,00 <sup>2*</sup>	111,38±2,82 <sup>3*</sup>	117,59±5,91 <sup>3*</sup>	125,96±4,09 <sup>3*</sup>	116,82±5,52 <sup>3*</sup>
КБП, %	71,22±3,24 <sup>3*</sup>	71,53±2,10 <sup>3*</sup>	70,23±2,20 <sup>3*</sup>	67,71±4,02 <sup>3*</sup>	74,43±2,91 <sup>3*</sup>	70,51±4,02 <sup>3*</sup>
FCR, кг	1,02±0,04 <sup>1*</sup>	1,12±0,02	1,13±0,02 <sup>3*</sup>	0,98±0,05	1,08±0,02	1,02±0,04
GFE, кг	1,00±0,04	0,89±0,02	0,88±0,02	1,05±0,06	0,93±0,02	1,00±0,05
БЭК, %	BB					
n	21	20	18	11	10	10
БЭК, %	135,50±4,62 <sup>2*</sup>	136,34±3,95 <sup>2*</sup>	131,18±5,32 <sup>2*</sup>	142,55±6,60 <sup>2*</sup>	140,56±7,07 <sup>2*</sup>	132,83±4,95 <sup>2*</sup>
КБП, %	93,23±3,55 <sup>2*</sup>	93,07±3,27 <sup>2*</sup>	88,88±3,62 <sup>2*</sup>	92,01±5,36 <sup>2*</sup>	90,95±5,86 <sup>2*</sup>	85,47±3,90 <sup>2*</sup>
FCR, кг	1,12±0,02 <sup>2*</sup>	1,22±0,05 <sup>2*</sup>	1,23±0,04 <sup>1*</sup>	1,11±0,03 <sup>2*</sup>	1,17±0,04 <sup>2*</sup>	1,20±0,05 <sup>2*</sup>
GFE, кг	0,90±0,02 <sup>2*</sup>	0,83±0,02 <sup>2*</sup>	0,83±0,02 <sup>2*</sup>	0,90±0,02 <sup>2*</sup>	0,87±0,03 <sup>2*</sup>	0,85±0,03 <sup>2*</sup>

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 – I и III групп; 2 – AA и BB; 3 – AB и BB (\* –  $P < 0,05$ ).

Так, согласно данным таблицы 8, коровы-носители  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> изучаемой выборки стада СПК колхоз «Родина» превосходили особей  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> по БЭК и КБП за первую лактацию на 23,84% и 18,89%, за вторую – на 26,84% и 21,14%, за третью и старшие – на 20,87% и 15,40% соответственно ( $P < 0,05$ ). Превосходство животных  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> над  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> по FCR и GFE за первую лактацию составило 16,66% и 18,88%, за вторую – 19,60% и 19,27%, за третью и старшие – 13,88% и 11,36% соответственно ( $P < 0,05$ ). Гетерозиготы  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> имели промежуточные значения и также отличались высоким уровнем реализации генетического потенциала относительно гомозигот  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup>. Достоверных различий по возрастной динамике показателей не было выявлено, однако регистрируется тенденция к увеличению реализации сухого вещества корма у особей с аллелем  $\kappa$ -CN<sup>B</sup>. Так, у коров с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> с возрастом FCR увеличился на 9,82%, а у  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> на 10,78%.

В стаде СПК «Гридино» превосходство животных с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> над  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> по БЭК и КБП за первую лактацию составило 31,50% и 91,16%, за вторую – 19,8% и 16,97%, за половозрастную – 25,92% и 19,72% соответственно ( $P < 0,05$ ). Разница по FCR за первую, вторую и половозрастную лактации составила 30,58%, 18,18% и 25% соответственно ( $P < 0,05$ ), а по GFE – 31,11%, 16,12% и 24,70% соответственно ( $P < 0,05$ ) также в пользу особей с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>. С возрастом показатели изменялись не значительно, в пределах статистической ошибки, однако наблюдается тенденция к их снижению у всех групп животных. При этом носители желательного аллеля  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> превосходили особей с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> по всем показателям на протяжении трех и более лактаций.

Таким образом, наибольшей биологической эффективностью обладают животные с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> в обоих предприятиях. У них отмечали высокие показатели биологической полноценности молока за счет высокого содержания в молоке сухого обезжиренного молочного остатка. Данное явление объясняется лучшей конверсией корма у этих животных - то есть наиболее высокий коэффициент FCR. Коэффициент GFE показывает расход сухого

вещества корма для получения 1 кг молока. У животных с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> этот показатель был самым низким, что означает, что при одинаковом потреблении корма - выход молока у этих животных наиболее высокий. При этом с возрастом эффективность использования животных этих животных остается на высоком уровне.

### **2.2.3.3 Биологическая эффективность коров разных генотипов $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN при различной доле кровности по улучшающей породе**

Костромская порода крупного рогатого обладает рядом преимуществ, которые отличают этих животных от представителей основных молочных пород. Молоко коров костромской породы обогащено содержанием ценных компонентов, таких как жир и белок, что делает его идеальным сырьем для производства сыра. Для улучшения продуктивных качеств костромской породы используется родственная ей бурая швицкая импортной селекции. Однако смещение соотношения доли крови в сторону улучшающей породы может привести к потере ценных качеств, закрепленных исключительно в геноме костромской породы.

В ходе исследований было установлено, что содержание жира в молоке коров на 24% определяется долей кровности по улучшающей швицкой породе, содержание СВ в молоке – на 23% ( $P < 0,05$ ) (СПК «Гридино»), а содержание СОМО на 18% ( $P < 0,05$ ) (СПК колхоз «Родина»). Наиболее высокие показатели молочной продуктивности были у коров-носителей желательного генотипа  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> с кровностью 0-49%. Коровы с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и кровностью 0-49% превосходили сверстниц с долей крови 51% и более по удою на 14,78%, по СОМО – на 17,72%, по СВ – на 10,071% ( $P < 0,01$ ). Аналогичная тенденция наблюдается у носителей генотипа  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> (таблица 9).

Таблица 9 – Молочная продуктивность и качественный состав молока коров разных генотипов  $\beta$ -CN с учетом доли кровности по улучшающей породе

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	доля кровности			доля кровности		
	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)
Генотип	A1A1					
n	4	-	-	-	-	-
Удой, кг	5298,00 ±248,00	-	-	-	-	-
МДЖ, %	3,94±0,02	-	-	-	-	-
МДБ, %	3,23±0,02	-	-	-	-	-
СОМО, %	6,76±0,13	-	-	-	-	-
СВ, %	10,70±0,13	-	-	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	12	3	3	11	3	4
Удой, кг	5716,00 ±108,00	5491,00 ±521,00	5373,00 ±451,00	5690,00 ±214,00	5665,00 ±140,00	5425,00 ±124,00
МДЖ, %	3,96±0,01	4,00±0,04	3,92±0,05	4,38±0,05	4,21±0,08	4,15±0,01
МДБ, %	3,21±0,01	3,30±0,02	3,20±0,04	3,34±0,03	3,39±0,01	3,28±0,07
СОМО, %	8,10±0,17	7,20±0,13	7,31±0,29	7,72±0,44	7,50±1,77	7,55±1,14
СВ, %	11,55±0,16	11,20±0,10	11,23±0,30	11,46±0,41	10,56±0,70	10,61±0,85
Генотип	A2A2					
n	17	3	3	19	3	4
Удой, кг	5971,00 ±142,00 <sup>2*,1**</sup>	5724,00 ±191,00	5202,00 ±146,00	6203,00 ±130,00 <sup>3*</sup>	5974,00 ±224,00	6051,00 ±186,00 <sup>3*</sup>
МДЖ, %	4,01±0,02 <sup>2*</sup>	4,02±0,01	4,00±0,04	4,53±0,04 <sup>3*</sup>	4,36±0,19	4,33±0,06 <sup>3*</sup>
МДБ, %	3,21±0,01	3,17±0,03	3,22±0,02	3,31±0,02	3,24±0,06	3,37±0,05
СОМО, %	8,50±0,17 <sup>2*,1**</sup>	7,79±0,35	7,22±0,13	7,59±0,21	7,27±0,26	7,40±0,71
СВ, %	12,35±0,21 <sup>2*</sup>	11,78±0,34	11,22±0,13 <sup>1**</sup>	11,34±0,20	10,71±1,06	10,76±0,89

Примечание: достоверность различий указана в сравнении: 1 – I и III групп; 2 – A1A1 и A2A2; 3 – A1A2 и A2A2; 4 – A1A1 и A1A2 (\* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$ ).

Согласно данным таблицы 9, среди коров с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> стада СПК колхоз «Родина» которых у животных с кровностью менее 50% показатели удоя, СОМО и СВ были выше, чем у высококровных коров (51% и более) на 6,48%, 10,80% и 2,84% соответственно. При этом особи с долей кровности 0-49%, имеющие в своем геноме желательный генотип  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> превосходили животных  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> по удою на 12,70%, по содержанию жира в молоке – на 1,77%, по СОМО – на 25,73%, по СВ – на 15,42% ( $P < 0,05$ ) соответственно.

В СПК «Гридино» также наблюдается тенденция к снижению показателей продуктивности с увеличением доли кровности. Так удои носителей генотипа  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> с кровностью 0-49% были выше, по сравнению со сверстницами с долей

крови 51% и более на 4,88%, а СВ на 8,01%. Особей с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> в СПК «Гридино» не было выявлено, поэтому сравнить их показатели не представляется возможным, однако отмечается достоверное превосходство коров  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> над животными с мутантным аллелем  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> по удою и по МДЖ на 11,77% и 3,42% ( $P < 0,05$ ) соответственно.

Идентичный характер изменения показателей наблюдается у коров с разными генотипами гена к-CN (таблица 10).

Таблица 10 – Молочная продуктивность и качественный состав молока коров с разными генотипами к-CN с учетом доли кровности по улучшающей породе

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	доля кровности			доля кровности		
	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)
Генотип	AA					
n	3	3	3	3	3	3
Удой, кг	5420,00 ±252,00	5147,00 ±278,00	5140,00 ±294,00	5113,00 ±217,00	5578,00 ±152,00	5385,00 ±186,00
МДЖ, %	3,94±0,03	3,98±0,07	3,92±0,05	4,15±0,05	4,41±0,11	4,40±0,13
МДБ, %	3,20±0,03	3,19±0,03	3,20±0,04	3,24±0,03	3,22±0,03	3,26±0,03
СОМО, %	8,30±0,33	7,35±0,23	6,98±0,05	6,66±0,35	6,67±0,34	6,49±0,37
СВ, %	11,73±0,23	11,33±0,22	10,89±0,04	10,57±0,18	10,82±0,12	10,58±0,16
Генотип	AB					
n	3	3	3	3	3	3
Удой, кг	5763,00 ±180,00	5403,00 ±216,00	5510,00 ±351,00	5643,00 ±338,00	6111,00 ±138,00	5969,00 ±135,00
МДЖ, %	3,96±0,02	4,03±0,03	3,94±0,02	4,31±0,07	4,37±0,10	4,22±0,13
МДБ, %	3,22±0,02	3,21±0,01	3,22±0,01	3,29±0,03	3,28±0,02	3,29±0,02
СОМО, %	6,87±0,07	6,85±0,14	6,70±0,22	5,90±0,33	6,31±0,18	6,40±0,19
СВ, %	10,82±0,05 <sup>3*</sup>	10,88±0,12	10,64±0,22	10,21±0,37	10,68±0,23	10,61±0,22
Генотип	BB					
n	15	3	3	3	5	3
Удой, кг	6078,00 ±151,00 <sup>2*</sup>	5723,00 ±168,00	5402,00 ±190,00 <sup>1*</sup>	6177,00 ±153,00 <sup>2*</sup>	6331,00 ±187,00 <sup>2*</sup>	6446,00 ±234,00 <sup>2*</sup>
МДЖ, %	4,05±0,02 <sup>2*</sup>	4,02±0,01	3,99±0,03	4,47±0,05 <sup>2*</sup>	4,55±0,06	4,60±0,06 <sup>3*</sup>
МДБ, %	3,26±0,02	3,24±0,04	3,22±0,02	3,33±0,04	3,32±0,02	3,33±0,01
СОМО, %	8,58±0,20 <sup>1*</sup>	7,66±0,38	7,23±0,13	7,14±0,24 <sup>3*</sup>	7,20±0,26	7,19±0,25
СВ, %	12,25±0,33 <sup>1*</sup>	11,65±0,37	11,22±0,13	11,09±0,26	11,17±0,28	11,17±0,28

Примечание: достоверность различий указана в сравнении: 1 – I и III групп; 2 – AA и BB; 3 – AB и BB; 4 – AA и AB (\* –  $P < 0,05$ ).

Из данных таблицы 10 следует, что коровы с долей кровности 0-49% и генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> имели достоверное превосходство над сверстницами с кровностью 51% и более по удою на 12,18%, по СОМО – на 18,67% и СВ – на 9,18% ( $P < 0,05$ ). У представителей генотипов  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> прослеживается аналогичная тенденция. В то же время, коровы носители желательного аллеля  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> и кровностью 0-49% по улучшающей породе превосходили особей  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> по удою на 12,14% и по МДЖ – на 2,79% ( $P < 0,05$ ), а так же животных с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> по содержанию сухого вещества на 13,21% ( $P < 0,05$ ). Наиболее высокое содержание белка зафиксировано у носителей  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> с минимальной долей крови улучшающей породы (0-49%) –  $3,26 \pm 0,02\%$ .

В СПК «Гридино» по-прежнему наблюдается превосходство коров с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> над  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup>. Так, особи  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> с кровностью 0-49% имели более высокие показатели, чем сверстницы  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> (удой на 20,80%, МДЖ – на 7,71%, СВ – на 7,20% ( $P < 0,05$ )). Показатели молочной продуктивности полукровок и коров с кровностью 51% и более с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> также были наиболее высокими, по сравнению с  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup>. Между группами животных с различной долей кровности по улучшающей породе не было выявлено достоверных различий в связи с ограниченностью выборки, однако не смотря на имеющуюся тенденцию к увеличению показателей продуктивности с увеличением кровности, низкокровные животные (0-49%) не уступали своим высококровным сверстницам по величине удоев и качеству молока.

Увеличение степени кровности по швицкой породе также оказывает влияние на уровень реализации генетического потенциала коров костромской породы. На примере стада СПК колхоз «Родина» установлено, что величина коэффициента КБП на 20% зависит от доли кровности ( $P < 0,05$ ). При этом наиболее высокие показатели фиксируются у низкокровных (0-49%) животных с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> (таблица 11).

Таблица 11 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами  $\beta$ -CN с учетом доли крови по улучшающей породе

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	доля кровности			доля кровности		
	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)
Генотип	A1A1					
n	4	-	-	-	-	-
БЭК, %	106,83±4,91	-	-	-	-	-
КБП, %	67,53±3,46	-	-	-	-	-
FCR, кг	1,03±0,04	-	-	-	-	-
GFE, кг	0,98±0,04	-	-	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	12	3	3	11	3	4
БЭК, %	124,27±2,58 <sup>3**</sup>	115,39±8,80	114,95±9,59	128,34±7,72	115,66±3,84	116,43±10,24
КБП, %	87,10±2,25 <sup>4*</sup>	74,06±4,92	74,89±6,77	86,45±6,31	81,65±16,72	82,24±11,47
FCR, кг	1,12±0,02	1,08±0,11	1,04±0,07	1,00±0,04	0,96±0,01	0,91±0,02
GFE, кг	0,90±0,02	0,94±0,09	0,98±0,07	1,01±0,04	1,04±0,01	1,10±0,02
Генотип	A2A2					
n	17	3	3	19	3	4
БЭК, %	137,85±3,43 <sup>3**</sup>	128,18±9,19	110,69±2,96 <sup>1*</sup>	140,03±4,42 <sup>3*</sup>	127,71±13,24	125,62±7,60
КБП, %	94,86±2,50 <sup>2*</sup>	84,82±7,52	71,24±2,33 <sup>1*</sup>	93,57±3,23	86,57±3,51	86,66±7,98
FCR, кг	1,18±0,03 <sup>2*</sup>	1,14±0,04	1,03±0,02	1,13±0,02 <sup>3*</sup>	1,05±0,07	1,06±0,03
GFE, кг	0,86±0,02 <sup>2*</sup>	0,88±0,03	0,97±0,02	0,89±0,02 <sup>3*</sup>	0,96±0,07	0,95±0,03

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 - I и III групп; 2 - A1A1 и A2A2; 3 - A1A2 и A2A2 (\* -  $P < 0,05$ ; \*\* -  $P < 0,01$ ).

Так, исходя из данных таблицы 11, в стаде СПК колхоз «Родина» коровы с кровностью 0-49% и генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> превосходили своих высококровных сверстниц (51% и более) по БЭК на 24,53% и по КБП – на 33,15% ( $P < 0,05$ ), а особей с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> по БЭК – на 29,03% ( $P < 0,01$ ), по КБП – на 40,47%, по FCR – на 14,53% и по GFE – на 13,95% ( $P < 0,05$ ). У гетерозигот  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> показатели БЭК и КБП составили соответственно 124,27±2,58% и 87,10±2,25%, что на 16,32% и 28,97% больше, по сравнению с гомозиготами  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup>. При этом, с увеличением кровности по швицкой породе показатели снижались.

Самый высокий БЭК и FCR в СПК «Гридино» отмечается у низкокровных животных с желательным генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и составляет 140,03±4,42% и 1,13±0,02 кг, что больше, чем у сверстниц с мутантным аллелем  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> на 9,10% и 13,00% соответственно. При этом регистрируется тенденция к снижению значений коэффициентов БЭК, КБП и FCR с повышением кровности у гомозигот  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> на

11,80%, 7,97% и 6,60%, а у гетерозигот  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> на 10,22%, 5,11% и 9,89% соответственно.

Подобная динамика показателей наблюдается среди носителей разных генотипов каппа-казеина (таблица 12).

Таблица 12 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами к-CN с учетом доли крови по улучшающей породе

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	доля кровности			доля кровности		
	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)
Генотип	AA					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	120,89±5,89	107,91±4,25	106,73±6,00	119,69±1,67	112,46±6,08	110,17±4,77
КБП, %	85,33±3,19	69,92±1,73	68,40±4,26	79,08±8,62	66,92±6,44	64,67±2,68
FCR, кг	1,05±0,05	1,01±0,07	0,99±0,05	0,99±0,03	0,90±0,02	0,97±0,03
GFE, кг	0,95±0,04	1,00±0,06	1,01±0,05	1,01±0,04	1,11±0,03	1,04±0,03
Генотип	AB					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	117,75±1,39 <sup>3*</sup>	109,36±4,08 <sup>3*</sup>	110,18±8,78	123,98±12,20	122,60±8,35	111,96±4,65
КБП, %	74,70±1,28 <sup>3*</sup>	68,90±3,15 <sup>3*</sup>	69,41±5,99	74,11±10,44	67,50±7,65	65,75±4,80
FCR, кг	1,12±0,01	1,07±0,04	1,07±0,06	1,01±0,03	1,16±0,08	0,98±0,01
GFE, кг	0,89±0,01	0,93±0,04	0,94±0,06	0,99±0,03	0,87±0,06	1,02±0,01
Генотип	BB					
n	15	3	3	3	5	3
БЭК, %	138,89±4,58 <sup>2*</sup>	128,68±8,81 <sup>2*</sup>	114,98±4,05 <sup>1*</sup>	134,29±6,34 <sup>2*</sup>	136,76±18,78	111,92±6,80
КБП, %	97,23±2,80 <sup>2*</sup>	84,70±7,35 <sup>2*</sup>	74,08±3,16 <sup>1*</sup>	85,38±3,84	88,71±15,29	76,29±12,76
FCR, кг	1,21±0,03 <sup>2*</sup>	1,13±0,04 <sup>2*</sup>	1,06±0,01 <sup>1*</sup>	1,13±0,04 <sup>2*</sup>	1,10±0,05 <sup>2*</sup>	1,10±0,07
GFE, кг	0,83±0,02	0,88±0,03	0,94±0,02	0,89±0,03	0,91±0,04	0,92±0,05

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 - I и III групп; 2 - AA и BB; 3 - AB и BB (\* - P<0,05).

Из данных таблицы 12 следует, что в СПК колхоз «Родина» тенденция к снижению уровня реализации генетического потенциала костромской породы прослеживается у всех генотипов гена к-CN, в особенности у к-CN<sup>BB</sup>. Носители данного аллельного варианта с кровностью 0-49% имели наиболее высокие значения БЭК (138,89±4,58%), КБП (97,23±2,80%) и FCR (1,21±0,03 кг), превосходя высококровных животных на 20,79%, 31,25% и 14,15%, а сверстниц с генотипом к-CN<sup>AA</sup> на 14,88%, 13,94% и 15,23% соответственно (P<0,05).



В СПК «Гридино» наиболее высокие значения БЭК ( $136,76 \pm 18,78\%$ ) и КБП ( $88,71 \pm 15,29\%$ ) наблюдаются у полукровок с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>, что объясняется эффектом гетерозиса (повышения продуктивных показателей по вследствие унаследования определённого набора аллелей различных генов от своих разнородных родителей). При этом показатели БЭК у коров с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> и кровностью 0-49% были на 19,87% больше, чем у животных с долей крови 51% и более. Разница в значения БЭК и FCR между генотипами  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> составила соответственно 12,19% и 11,88% в пользу  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>.

Таким образом, коровы генотипов  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> с низкой долей крови характеризовались наибольшей биологической эффективностью ввиду наиболее высокой конверсии корма и биологической полноценности молока. В то время как эти животные с высокой долей крови потребляли большее количество корма для производства 1 кг молока, при сравнительно меньшем содержании в нем ценных компонентов.

#### **2.2.3.4 Биологическая эффективность коров разных генотипов $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN при различной живой массе первого плодотворного осеменения**

Известно, что оптимальная масса коров костромской породы при первом осеменении должна составлять 75% от массы взрослого животного или 400-420 кг. Однако на практике данные рекомендации соблюдаются не всегда и не редко животных впервые осеменяют при большей или меньшей живой массе, что в свою очередь может оказывать влияние на молочную продуктивность коров с разными генотипами по гену  $\beta$ - и  $\kappa$ -CN.

Выявлено, что у коров СПК колхоз «Родина» и СПК «Гридино» с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и живой массой более 400 кг при первом плодотворном осеменении наблюдались наиболее высокие показатели молочной продуктивности (таблица 13). Так, в СПК колхоз «Родина» прослеживается тенденция к увеличению количественных показателей у коров с массой более 420 кг (III группа), а качественных – у животных с оптимальной массой – 400-420 кг (II группа).

Таблица 13 – Молочная продуктивность и качественный состав коров с разными генотипами  $\beta$ -CN с учетом живой массы при первом плодотворном осеменении

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы животных			группы животных		
	I(340-399 кг)	II(400-420 кг)	III(более 420 кг)	I(340-399 кг)	II(400-420 кг)	III(более 420 кг)
Генотип	A1A1					
n	3	-	3	-	-	-
Удой, кг	4971,00 ±330,00	-	5376,00 ±263,00	-	-	-
МДЖ, %	3,95±0,03	-	3,96±0,03	-	-	-
МДБ, %	3,22±0,04	-	3,25±0,03	-	-	-
СОМО, %	7,87±1,07	-	7,28±0,90	-	-	-
СВ, %	11,27±0,49	-	10,63±0,31	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	3	9	6	6	5	6
Удой, кг	5436,00 ±180,00	5469,00 ±167,00	5761,00 ±107,00	5484,00 ±283,00	5733,00 ±281,00	5896,00 ±152,00
МДЖ, %	3,99±0,04	3,97±0,02	3,91±0,02	4,27±0,06	4,31±0,03	4,30±0,05
МДБ, %	3,19±0,02	3,25±0,01	3,19±0,02	3,29±0,03	3,33±0,05	3,36±0,03
СОМО, %	8,39±0,34	7,40±0,14	8,15±0,24	7,47±0,69	7,64±0,77	7,91±0,63
СВ, %	11,58±0,10	11,37±0,13	11,48±0,31	10,55±0,50	10,71±0,34	11,28±0,34
Генотип	A2A2					
n	3	6	14	6	14	6
Удой, кг	5428,00 ±170,00	5702,00 ±112,00	5807,00 ±219,00	5968,00 ±197,00	6087,00 ±148,00	6253,00 ±296,00
МДЖ, %	3,97±0,02	4,02±0,04	4,00±0,03	4,42±0,10	4,53±0,04**	4,62±0,03**
МДБ, %	3,22±0,02	3,23±0,03	3,19±0,01	3,27±0,04	3,32±0,03	3,33±0,03
СОМО, %	8,01±0,63	8,66±0,31	8,13±0,21	7,82±0,42	7,56±0,23	7,74±0,32
СВ, %	11,84±0,50	12,30±0,43	12,11±0,22	11,72±0,25	11,74±0,20	11,49±0,26

Примечание: достоверность различий указана в сравнении A1A2 и A2A2 (\*\* –  $P < 0,01$ ).

Также согласно данным таблицы 13, удой животных III группы был больше чем у I группы (340-399 кг) среди особей  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> на 6,98%,  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> – на 5,97%, а  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> – на 8,14%, однако при этом содержание ценных компонентов молока (МДЖ, МДБ, СОМО, СВ) имело тенденцию к снижению, относительно II группы. Среди носителей ценного генотипа  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> животные II группы превосходили I группу по МДЖ на 1,25%, по СОМО – на 8,11%, а по СВ – на 3,88%, а III группу коров на 1,25% – по МДЖ, на 6,51% – по СОМО и на 1,56% – по СВ. У гетерозигот  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> тенденция иная – наиболее высокие показатели МДЖ (3,99±0,04%), СОМО (8,39±0,34%) и СВ (11,58±0,10%) отмечались у группы животных с наименьшей массой первого осеменения (340-399 кг), однако различия в показателях были в пределах статистической ошибки. Самые высокие показатели МДЖ, СОМО и СВ наблюдались у носителей желательного генотипа

$\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> при оптимальной массе первого осеменения (400-420 кг) и составляли 4,02±0,04%, 8,66±0,31% и 12,30±0,43% соответственно.

В стаде СПК «Гридино» среди гетерозигот  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> наблюдалась тенденция увеличения показателей у животных III группы. Так, эти коровы превосходили особей I группы по удою на 7,51%, по СОМО – на 5,89%, по СВ – на 6,91%. Среди носителей желательного генотипа  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> отмечено превосходство III группы над I по удою (4,77%), а также содержанию жира (4,52%) и белка (1,83%) в молоке. При этом зафиксировано достоверное превосходство гомозиготных коров  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> по содержанию жира в молоке. Так, МДЖ животных II группы с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> была на 5,10% больше по сравнению с гетерозиготами  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup>, а у III группы эта разница составила 7,44% (P<0,01).

У коров с разными генотипами гена  $\kappa$ -CN высокое содержание сухого вещества в молоке на 19,00% зависело от массы при первом плодотворном осеменении (P<0,05). При этом с ее повышением регистрируется тенденция к увеличению удою, а при живой массе 400-420 кг – содержания ценных компонентов молока (МДЖ, МДБ, СОМО, СВ).

В стаде СПК колхоз «Родина» среди животных с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> коровы III группы превосходили I по удою на 1,92%, однако по содержанию СОМО и СВ в молоке, наоборот, преимущество было на стороне I группы, а разница составила 12,35% (P<0,05) и 2,57% соответственно (таблица 14). Аналогичная тенденция прослеживается и у гетерозигот  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup>. Разница по удою составила 15,04% в пользу III группы, а по СОМО и СВ – 5,25% и 3,04% в пользу I группы. Среди особей с желательным генотипом ВВ иная тенденция. Так, у коров II с оптимальной живой массой при первом плодотворном осеменении содержание жира в молоке было больше чем у III группы на 1,50%, а СВ – на 8,47%. При этом по удою превосходство за III группой (на 4,06% по сравнению с II группой), а по СОМО – за I (на 2,66% относительно III).

Таблица 14 – Молочная продуктивность и качественный состав молока коров с разными генотипами к-CN с учетом живой массы при первом плодотворном осеменении

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы животных			группы животных		
	I (340-399 кг)	II (400-420 кг)	III (более 420 кг)	I (340-399 кг)	II (400-420 кг)	III (более 420 кг)
Генотип	AA					
n	3	3	3	3	3	3
Удой, кг	5298,00 ±179,00	5521,00 ±204,00	5400,00 ±322,00	5134,00 ±267,00	5674,00 ±102,00	5679,00 ±180,00
МДЖ, %	3,95±0,02	3,95±0,02	3,92±0,05	4,24±0,14	4,21±0,01	4,31±0,08
МДБ, %	3,20±0,03	3,19±0,02	3,17±0,05	3,22±0,02	3,25±0,03	3,23±0,03
СОМО, %	7,82±0,54	7,06±0,13	6,96±0,08	7,26±1,01	6,86±0,11	6,49±0,09
СВ, %	11,16±0,05 <sup>1*</sup>	11,01±0,12 <sup>3*</sup>	10,88±0,07	10,73±0,36	11,07±0,10	10,80±0,07
Генотип	AB					
n	3	3	3	3	3	3
Удой, кг	4917,00 ±198,00	5899,00 ±213,00	5657,00 ±109,00 <sup>1*</sup>	5911,00 ±452,00	5995,00 ±286,00	6385,00 ±144,00
МДЖ, %	3,97±0,03	3,95±0,02	4,00±0,05	4,41±0,20	4,38±0,16	4,16±0,17
МДБ, %	3,21±0,02	3,22±0,01	3,22±0,01	3,33±0,03	3,31±0,02	3,29±0,01
СОМО, %	7,21±0,32	6,69±0,21	6,85±0,14	5,95±0,45	6,37±0,67	5,37±0,65
СВ, %	11,18±0,30	10,64±0,22 <sup>4*</sup>	10,85±0,10 <sup>4*</sup>	10,36±0,65	10,75±0,79	9,53±0,48 <sup>4*</sup>
Генотип	BB					
n	3	4	14	3	5	3
Удой, кг	5761,00 ±138,00 <sup>3*</sup>	5614,00 ±152,00	5842,00 ±122,00	6227,00 ±119,00 <sup>4*</sup>	6231,00 ±267,00	6489,00 ±191,00 <sup>3*</sup>
МДЖ, %	4,03±0,03	4,06±0,01 <sup>4*</sup>	4,00±0,03	4,50±0,07	4,52±0,04	4,64±0,05 <sup>4*</sup>
МДБ, %	3,26±0,04	3,26±0,02	3,24±0,01	3,33±0,03 <sup>3*</sup>	3,36±0,02 <sup>3*</sup>	3,34±0,05
СОМО, %	8,49±0,79	8,32±0,42 <sup>4*</sup>	8,27±0,22 <sup>3*</sup>	7,88±0,30	7,62±0,15 <sup>3*</sup>	7,59±0,25 <sup>3*</sup>
СВ, %	12,36±0,74	12,80±0,18 <sup>2*</sup>	11,80±0,21 <sup>3*</sup>	11,65±0,32	11,97±0,32 <sup>3*</sup>	11,74±0,18 <sup>3*</sup>

Примечание: достоверность различий указана в сравнении: 1 – I и III групп; 2 – II и III групп; 3 – AA и BB; 4 – AB и BB (\* – P<0,05).

Также из данных таблицы 14 следует, что носители генотипа к-CN<sup>BB</sup> II группы превосходили гетерозигот к-CN<sup>AB</sup> по содержанию жира в молоке на 2,78%, а гомозигот к-CN<sup>AA</sup> по СОМО – 17,84% (P<0,05). В то время, как в молоке представителей III группы с генотипом к-CN<sup>BB</sup> содержание сухого вещества было на 8,45% больше, по сравнению с коровами к-CN<sup>AA</sup> (P<0,05).

В стаде СПК «Гридино» у коров III группы с генотипом к-CN<sup>AA</sup> удой был выше, чем у I группы на 10,61%, а МДЖ – на 1,65%. При этом по содержанию СОМО разница составила 11,86% в пользу I группы. Среди гетерозигот к-CN<sup>AB</sup> превосходство III группы по удою составило 8,01% относительно I группы. Однако наиболее высокое содержание СОМО и СВ было в молоке II группы коров, превосходя I группу по этим показателям на 7,05% и 3,78%, а III группу –

на 18,62% и 13,11% соответственно. Похожая ситуация наблюдается среди носителей желательного генотипа  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>. В этом случае представители III группы превосходили I по удою на 4,20%, а по МДЖ – на 3,11%, однако тенденция к увеличению содержания СОМО и СВ отмечается у коров II группы. В среднем, особи  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> отличались более высокими показателями, сравнительно с другими генотипами. Так, коровы  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> II группы превосходили гомозигот  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> по содержанию белка в молоке на 3,38%, СОМО – на 11,07% и СВ – на 8,13% ( $P < 0,05$ ). У III группы животных разница по СОМО составила 16,94%, а по СВ – 8,70% также в пользу желательного генотипа  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>.

Коровы с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> и массой первого плодотворного осеменения более 400 кг отличались высокой биологической эффективностью и конверсией корма (таблица 15, 16). Так, с увеличением живой массы первого плодотворного осеменения показатели увеличивались, а наиболее высокими отличались носители желательных генотипов  $\kappa$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> (таблица 15).

Таблица 15 – Биологическая эффективность коров разных генотипов  $\beta$ -CN с учетом живой массы при первом плодотворном осеменении

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы			группы		
	I (340-399 кг)	II (400-420 кг)	III (более 420 кг)	I (340-399 кг)	II (400-420 кг)	III (более 420 кг)
Генотип	A1A1					
n	3	-	3	-	-	-
БЭК, %	106,56±11,13	-	107,16±8,04	-	-	-
КБП, %	74,82±14,65	-	73,76±12,45	-	-	-
FCR, кг	0,97±0,06	-	1,05±0,06	-	-	-
GFE, кг	1,04±0,06	-	0,95±0,05	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	3	9	6	6	5	6
БЭК, %	119,15±3,06	119,40±4,57	123,20±5,18	118,23±9,45	119,47±5,78	126,70±8,38
КБП, %	86,25±1,92	77,70±3,08	87,42±3,24	83,50±8,44	84,99±9,08	89,20±9,26
FCR, кг	1,07±0,02	1,07±0,04	1,11±0,05	0,94±0,04	1,00±0,04	1,02±0,02
GFE, кг	0,93±0,02	0,94±0,03	0,91±0,04	1,07±0,05	1,01±0,05	0,98±0,02
Генотип	A2A2					
n	3	6	14	6	14	6
БЭК, %	120,71±7,80	131,08±7,49	132,03±5,36 <sup>1*</sup>	140,48±5,91	141,70±4,09	138,71±6,80
КБП, %	81,71±7,95	92,27±5,31 <sup>2*</sup>	88,76±4,26	93,80±6,09	91,02±2,79	93,24±4,59
FCR, кг	1,06±0,03	1,13±0,03	1,14±0,04	1,06±0,03	1,11±0,03	1,17±0,05 <sup>2*</sup>
GFE, кг	0,94±0,03	0,89±0,02	0,89±0,03	0,94±0,02	0,91±0,02	0,87±0,04 <sup>2*</sup>

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 – A1A1 и A2A2; 2 – A1A2 и A2A2 (\* –  $P < 0,05$ ).

Согласно данным, представленным в таблице 15, в стаде СПК колхоз «Родина» среди коров-носителей желательного генотипа  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> II группа животных превосходила I по БЭК – на 8,59%, по КБП – на 12,93%, по FCR – на 6,60%, по GFE – на 5,61%, при этом у III группы БЭК и FCR были наиболее высокими –  $132,03 \pm 5,3$  кг% и  $1,14 \pm 0,04$  кг соответственно. Среди гетерозигот  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> преимущество было в пользу коров с увеличенной массой при первом осеменении. Так, БЭК, КБП и FCR у III группы животных были выше, чем у II на 3,18%, 12,50% и 3,96% соответственно. В то же время, представители генотипа  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> отличались наиболее высоким уровнем реализации генетического потенциала. Так, особи с данным генотипом II группы превосходили гетерозигот  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> по КБП на 78,75%, а животные III группы по БЭК – на 7,16%.

В стаде СПК «Гридино» наиболее высокие показатели были у коров III группы, с большей массой первого плодотворного осеменения. Так, среди особей  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> БЭК, КБП, FCR и GFE коров III группы был больше, чем у I на 7,16%, 6,82%, 8,51% и 9,18% соответственно. В то время как среди особей с желательным генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> БЭК у II группы животных был наиболее высоким и составлял  $141,70 \pm 4,09$ %. По остальным коэффициента различия были минимальны, однако сохраняется тенденция превосходства коров с желательным генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> по сравнению с носителями мутантного аллеля  $\beta$ -CN<sup>A1</sup>. Разница по СОМО и СВ между животными  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> у III группы составила 14,70% и 12,64% ( $P < 0,05$ ) в пользу первого.

Биологическая эффективность коров с желательным генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> и живой массой выше 400 кг при первом плодотворном осеменении была наиболее высокой на фоне высокой конверсии корма. Так, в стаде СПК колхоз «Родина» среди коров с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> БЭК и КБП у II группы животных был выше, чем у III на 2,97% и 3,14%, а FCR и GFE на 3,84% и 4,30%. У гетерозигот  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> наблюдается аналогичная тенденция (таблица 16).

Таблица 16 – Биологическая эффективность коров разных генотипов к-CN с учетом живой массы при первом плодотворном осеменении

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы			группы		
	I (340-399 кг)	II (400-420 кг)	III (более 420 кг)	I (340-399 кг)	II (400-420 кг)	III (более 420 кг)
Генотип	AA					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	112,46±2,22	114,10±4,45	110,80±7,90	111,22±6,59	124,72±11,63	117,36±4,77
КБП, %	78,70±5,29	73,20±3,45	70,97±5,47	74,63±8,15	77,25±7,23	70,51±1,10
FCR, кг	1,03±0,01	1,08±0,03	1,04±0,06	0,88±0,03	0,97±0,10	0,99±0,03
GFE, кг	0,97±0,01	0,93±0,03	0,97±0,06	1,14±0,03	1,06±0,10	1,01±0,03
Генотип	AB					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	105,07±6,60	117,81±5,80 <sup>3*</sup>	113,28±5,14 <sup>3*</sup>	121,11±9,42	125,40±11,25	114,65±7,42
КБП, %	67,86±5,51	74,05±3,96	71,59±4,06 <sup>3*</sup>	69,44±5,80	74,40±9,31	64,74±8,69
FCR, кг	0,96±0,03	1,15±0,04	1,12±0,01 <sup>1*</sup>	1,05±0,06	1,06±0,03	1,07±0,05
GFE, кг	1,04±0,03	0,87±0,03	0,90±0,01 <sup>1*</sup>	0,96±0,06	0,95±0,02	0,94±0,04
Генотип	BB					
n	3	4	14	3	5	3
БЭК, %	135,39±9,12	136,06±2,45 <sup>2*</sup>	128,94±2,91 <sup>3*</sup>	149,17± 17,86	145,16± 7,97	147,04± 11,86
КБП, %	93,01±9,28	88,47±4,93	90,35±2,57 <sup>2*</sup>	101,13± 13,25	92,52± 5,18	95,14± 8,26
FCR, кг	1,15±0,02 <sup>2*</sup>	1,12±0,01	1,15±0,02	1,13± 0,11	1,14± 0,04	1,22± 0,08
GFE, кг	0,87±0,01 <sup>2*</sup>	0,89±0,01	0,87±0,02	0,90± 0,08 <sup>2*</sup>	0,88± 0,03	0,83± 0,05 <sup>2*</sup>

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 - I и III групп; 2 - AA и BB; 3 - AB и BB (\* - P<0,05).

Данные, представленные в таблице 16, показывают, что среди коров с генотипом к-CN<sup>AB</sup> стада СПК колхоз «Родина» наиболее высокие показатели зафиксированы у коров II группы, однако достоверная разница в показателях FCR и GFE установлена между I и III группой – 16,66% и 15,55% соответственно (P<0,05). Среди носителей к-CN<sup>BB</sup> показатели варьировали в пределах статистической ошибки, однако наибольший БЭК зафиксирован у II группы животных (136,06±2,45), а КБП у I (93,01±9,28). При этом наиболее высоким уровнем реализации генетического потенциала отличались коровы с генотипом к-CN<sup>BB</sup>. У II группы животных с данным генотипом БЭК был выше, по сравнению с к-CN<sup>AA</sup> на 19,24% и на 16,37% у III группы, а КБП – на 27,30% (P<0,05). FCR и GFE у коров к-CN<sup>BB</sup> I группы оказались выше чем у к-CN<sup>AA</sup> на 11,65% и 11,49% соответственно (P<0,05).

В стаде СПК «Гридино» среди носителей генотипа к-CN<sup>AA</sup> коровы II группы превосходили сверстниц из I группы по БЭК на 12,13%, по КБП – на 3,51%, по FCR – на 10,22% и по GFE – на 7,54%. Представители III группы имели

промежуточные значения. Аналогичная тенденция наблюдается у особей с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup>, среди которых БЭК и КБП животных II группы был выше, чем у III на 9,37% и 14,92% соответственно. Разница по FCR и GFE была не существенной, однако сохраняется тенденция увеличения данных коэффициентов у II группы коров. Среди животных  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> наиболее высокий БЭК (149,17±17,86%) и КБП (101,13±13,25%) зафиксирован у коров I группы, а FCR (1,22±0,08 кг) и GFE (0,83±0,05 кг) у III группы. При этом коровы  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> I группы по GFE превосходили гомозигот  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> на 26,66%, а III группы – на 21,68% (P<0,05).

Таким образом, конверсия корма у коров с массой менее 400 кг – ниже. Вероятно потому, что сухое вещество рациона используется не только на формирование продуктивности, но и на рост. У коров  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> с живой массой менее 400 кг при первом осеменении расход кормов высокий при сравнительно низких удоях и полноценности молока, что характеризует их низкую биологическую эффективность. Однако животные с этими генотипами и массой при первом плодотворном осеменении более 400 кг отличались высокой биологической эффективностью и конверсией корма. То есть у коров с желательным генотипом и оптимальной живой массой при первом плодотворном осеменении более эффективно используются кормовые ресурсы для обеспечения биологической полноценности молока.

### **2.2.3.5 Биологическая эффективность коров разных генотипов $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN при различном возрасте первого плодотворного осеменения**

Уменьшение возраста первого осеменения позволяет контролировать затраты на выращивание телок, однако, чрезмерное его сокращение оказывает существенное влияние на молочную продуктивность животных. В ходе исследования установлено, коровы с генотипами  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> отличаются наиболее высокой молочной продуктивностью, по сравнению с другими генотипами, при условии их первого осеменения в возрасте 18-20 мес (таблица 17, 18).



Таблица 17 – Молочная продуктивность и качественный состав молока коров разных генотипов  $\beta$ -CN с учетом возраста первого плодотворного осеменения

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы животных			группы животных		
	I(14-17 мес.)	II(18-20 мес.)	III(более 20 мес.)	I(14-17 мес.)	II(18-20 мес.)	III(более 20 мес.)
Генотип	A1A1					
n	3	-	3	-	-	-
Удой, кг	4971,00 ±130,00 <sup>3*</sup>	-	5693,00 ±146,00	-	-	-
МДЖ, %	3,95±0,03	-	3,96±0,03	-	-	-
МДБ, %	3,22±0,04	-	3,25±0,03	-	-	-
СОМО, %	7,87±0,27	-	7,28±0,90	-	-	-
СВ, %	10,77±0,01	-	10,63±0,31	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	3	7	8	4	10	3
Удой, кг	5318,00 ±139,00	5762,00 ±219,00	5376,00 ±280,00	5696,00 ±184,00	5744,00 ±192,00	5572,00 ±190,00
МДЖ, %	3,98±0,01	3,97±0,03	3,93±0,02	4,20±0,07	4,29±0,03	4,25±0,05
МДБ, %	3,22±0,01	3,20±0,02	3,24±0,02	3,25±0,03	3,35±0,02	3,38±0,07
СОМО, %	7,97±0,51	8,01±0,21	7,60±0,23	7,81±0,75	7,65±0,62	7,40±0,53
СВ, %	11,44±0,21	11,57±0,27	11,33±0,12	10,39±0,49	11,18±0,50	11,26±0,19
Генотип	A2A2					
n	4	4	15	3	15	8
Удой, кг	5506,00 ±257,00 <sup>3*</sup>	5815,00 ±177,00	5734,00 ±218,00	6196,00 ±255,00	6271,00 ±138,00 <sup>4*</sup>	6054,00 ±266,00
МДЖ, %	3,94±0,01	4,02±0,03 <sup>2*</sup>	3,95±0,02	4,48±0,11	4,51±0,04	4,60±0,04 <sup>4*</sup>
МДБ, %	3,24±0,01	3,21±0,04	3,20±0,01	3,30±0,07	3,33±0,03	3,28±0,03
СОМО, %	8,07±0,44	8,29±0,22	8,33±0,22	7,58±0,43	7,64±0,21	7,38±0,40
СВ, %	12,00±0,43 <sup>3*</sup>	12,02±0,18	12,26±0,24 <sup>1*</sup>	11,85±0,49	11,74±0,16	10,62±0,36

Примечание: достоверность различий указана в сравнении: 1 – I и III групп; 2 – I и II групп; 3 – A1A1 и A2A2; 4 – A1A2 и A2A2 (\* – P<0,05).

В стаде СПК колхоз «Родина» среди коров с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> особи осемененные в возрасте более 20 месяцев (III группа) превосходили животных не достигших физиологической зрелости (I группа) по удою на 14,52% (P<0,05), однако прослеживается тенденция к снижению содержания СОМО (на 8,10%) и СВ (на 1,31%) у особей III группы, по сравнению с I (см. таблица 17). Аналогичная тенденция имеется у гетерозигот  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup>, при этом наиболее высокие показатели отмечаются у физиологически зрелых коров (II группа), которые превосходили животных III группы по удою на 8,29%, по МДЖ – на 1,01%, по СОМО – на 5,39%, по СВ – на 2,11%. Среди особей с желательным генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> сохранялась тенденция к увеличению удою у II группы коров – на 5,61% относительно I, а СОМО – на 2,72%, при этом МДЖ была достоверно

выше – на 2,03% ( $P < 0,05$ ). Наиболее высокие показатели отмечались у носителей аллеля  $\beta$ -CN<sup>A2</sup>, особенно у гомозигот  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup>. Так, коровы с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> I группы превосходили  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> по удою на 10,76%, а по СВ – 11,42% ( $P < 0,05$ ). Разница у III группы по СВ составила 15,33% в пользу  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> ( $P < 0,05$ ).

В стаде СПК «Гридино» наибольшее количество молока ( $5744,00 \pm 192,00$  кг) при высоком содержании жира ( $4,29 \pm 0,03\%$ ) среди особей с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup>, было получено от коров, достигших физиологической зрелости (18-20 мес), при этом в молоке этих животных содержание СОМО и СВ было сравнительно высоким –  $7,65 \pm 0,62\%$  и  $11,18 \pm 0,50\%$  соответственно. Существенных различий в показателях у коров с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> не было обнаружено, однако по-прежнему сохраняется тенденция увеличения показателей у коров II группы. У этих животных отмечался самый высокий удой ( $6271,00 \pm 138,00$ ), при относительно высоком содержании МДЖ ( $4,51 \pm 0,04$ ), МДБ ( $3,33 \pm 0,03$ ), СОМО ( $7,64 \pm 0,21$ ) и СВ ( $11,74 \pm 0,16$ ). Разница между генотипами  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> у II группы по удою составила 9,17%, а у III по МДЖ – 8,23% в пользу гомозигот ( $P < 0,05$ ).

Также в обоих предприятиях у животных с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>, осемененных в возрасте 18-20 месяцев, были установлены наиболее высокие не только количественные, но и качественные показатели молочной продуктивности, а именно содержание СОМО и сухого вещества молока (таблица 18, 19).

Так, стаде СПК колхоз «Родина» в выборке коров с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> животные II группы превосходили I по удою на 5,63%, а по СВ – на 1,6%, при этом в молоке коров этой группы была наибольшая МДЖ –  $3,99 \pm 0,03\%$  и сравнительно высокая МДБ –  $3,21 \pm 0,04\%$ . Среди особей с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> удой II группы был больше чем у I на 15,14%, а МДЖ – на 2,52%, при сравнительно высоком содержании СОМО ( $6,74 \pm 0,20$ ) и СВ ( $11,31 \pm 0,23$ ). Однако СОМО и СВ III группы были выше, чем у I на 2,65% и 1,21%, соответственно (таблица 18).

Таблица 18 – Молочная продуктивность и качественный состав молока коров разных генотипов к-CN с учетом возраста первого плодотворного осеменения

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы животных			группы животных		
	I(14-17 мес.)	II(18-20 мес.)	III(более 20 мес.)	I(14-17 мес.)	II(18-20 мес.)	III(более 20 мес.)
Генотип	AA					
n	3	3	3	3	3	3
Удой, кг	5373,00 ±149,00	5676,00 ±428,00	5548,00 ±660,00	5123,00 ±158,00	5527,00 ±224,00	5503,00 ±187,00
МДЖ, %	3,96±0,02	3,99±0,03	3,91±0,05	4,52±0,08	4,55±0,08	4,36±0,20
МДБ, %	3,20±0,02	3,21±0,04	3,22±0,05	3,30±0,06	3,27±0,03	3,25±0,03
СОМО, %	7,71±0,61	7,32±0,24	7,12±0,10	7,20±0,96	6,11±0,24	6,63±0,29
СВ, %	11,13±0,15	11,31±0,23	11,03±0,11	10,95±0,12	10,66±0,32	10,99±0,16
Генотип	AB					
n	3	3	3	3	3	3
Удой, кг	4919,00 ±197,00	5664,00 ±299,00	5579,00 ±171,00	6070,00 ±110,00 <sup>5*</sup>	6069,00 ±201,00	6218,00 ±195,00
МДЖ, %	3,96±0,02	4,00±0,05	3,92±0,04	4,19±0,21	4,42±0,18	4,35±0,15
МДБ, %	3,21±0,02	3,21±0,01	3,22±0,01	3,31±0,03	3,28±0,04	3,30±0,01
СОМО, %	6,77±0,05	6,74±0,20 <sup>4*</sup>	6,95±0,15	5,95±0,44	6,43±0,68	5,31±0,60
СВ, %	10,73±0,04	10,75±0,25 <sup>4*</sup>	10,86±0,11	10,13±0,54	10,85±0,81	9,66±0,60
Генотип	BB					
n	5	5	11	4	4	3
Удой, кг	5209,00 ±149,00	5976,00 ±206,00 <sup>2*</sup>	5311,00 ±238,00	6013,00 ±158,00 <sup>4*</sup>	6388,00 ±267,00	6089,00 ±244,00
МДЖ, %	3,97±0,03	4,02±0,04	3,96±0,03	4,45±0,08	4,57±0,06	4,54±0,06
МДБ, %	3,22±0,02	3,26±0,04	3,20±0,02	3,32±0,02	3,37±0,02	3,31±0,01
СОМО, %	8,08±0,44	8,94±0,28 <sup>4*</sup>	8,09±0,25 <sup>3*</sup>	7,30±0,91	7,76±0,32 <sup>4*</sup>	6,91±0,40
СВ, %	12,55±0,83	12,37±0,33 <sup>4*</sup>	11,77±0,21	11,27±0,97	11,75±0,20 <sup>4*</sup>	10,04±0,56 <sup>3*</sup>

Примечание: достоверность различий указана в сравнении: 1 – I и III групп; 2 – I и II групп; 3 – II и III групп; 4 – AA и BB; 4 – AB и BB; 5 – AA и AB (\* – P<0,05).

Среди гомозигот к-CN<sup>BB</sup> удой коров II группы был на 14,72% больше, чем у I группы (P<0,05), при тенденции к увеличению МДЖ (1,25%), МДБ (1,24) и СОМО (10,64%) (см. таблица 18). Также было установлено, что особи с генотипом к-CN<sup>BB</sup>, достигшие физиологической зрелости при первом осеменении превосходили сверстниц с генотипом к-CN<sup>AB</sup> по содержанию СОМО на 22,13%, а по СВ – на 9,37%.

В стаде СПК «Гридино» у животных с генотипом к-CN<sup>AA</sup> наиболее высокий удой (5527,00±224,00 кг) с содержанием жира (4,55±0,08%) отмечался у II группы животных, однако содержание МДБ (3,30±0,06%), СОМО (7,20±0,96%) и СВ (10,95±0,12%) у I группы было наибольшим. Среди гетерозигот к-CN<sup>AB</sup> по удою лидирует III группа животных (6218,00±195,00 кг), а по МДЖ (4,42±0,18%), СОМО (6,43±0,68%) и СВ (10,85±0,81%) – II группа. У гомозигот к-CN<sup>BB</sup> удой II

группы был на 6,23% больше, чем у I, а по СВ они превосходили III группу коров на 17,03% ( $P < 0,05$ ). При этом особи с желательным генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> II группы превосходили носителей  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> по СОМО и СВ на 27,00% и 10,22%.

Биологическая эффективность и биологическая полноценность молока коров с генотипами  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>, осемененных в возрасте 18-20 месяцев была значительно выше, чем у остальных, за счет высокой конверсии корма и низких затрат сухого вещества рациона для производства молока (таблица 19, 20). У животных, осемененных в возрасте 14-17 мес, конверсия корма низка, а затраты сухого вещества рациона высокие. Вероятно, это связано с тем, что не завершен процесс роста. Молоко таких коров отличается низкой биологической полноценностью. У коров, осемененных в возрасте более 20 мес, конверсия корма высокая, поскольку потребность организма в кормах выше, однако биологическая полноценность молока низкая из-за нарушения метаболизма (жировой обмен, гормональные перестройки).

Таблица 19 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами  $\beta$ -CN с учетом возраста первого плодотворного осеменения

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы			группы		
	I(14-17 мес.)	II(18-20 мес.)	III(более 20 мес.)	I(14-17 мес.)	II(18-20 мес.)	III(более 20 мес.)
Генотип	A1A1					
n	3	-	3	-	-	-
БЭК, %	101,56±6,13	-	113,40±5,88	-	-	-
КБП, %	74,82±14,65	-	77,89±11,38	-	-	-
FCR, кг	0,97±0,06	-	1,11±0,04	-	-	-
GFE, кг	1,04±0,06	-	0,90±0,03	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	3	7	8	4	10	3
БЭК, %	113,76±2,74	124,34±3,00	117,77±6,84	115,58±5,15 <sup>2*</sup>	126,50±8,77	123,34±8,72
КБП, %	79,27±5,49	86,07±2,44	78,89±4,77	86,00±4,76	86,56±8,20	81,51±10,00
FCR, кг	1,04±0,02	1,13±0,05	1,04±0,05	0,96±0,05	0,99±0,04	0,96±0,03
GFE, кг	0,96±0,02	0,90±0,04	0,98±0,05	1,05±0,06	1,02±0,04	1,05±0,03
Генотип	A2A2					
n	4	4	15	3	15	8
БЭК, %	123,41±7,35	131,27±4,58	131,46±5,02 <sup>1*</sup>	145,74±10,26	146,27±4,36	125,67±5,65
КБП, %	82,96±5,95	90,60±3,63	89,45±4,00	92,97±5,95	95,18±3,63	87,06±4,51
FCR, кг	1,07±0,05	1,15±0,02	1,12±0,04	1,12±0,05 <sup>2*</sup>	1,14±0,03 <sup>2*</sup>	1,12±0,04 <sup>2*</sup>
GFE, кг	0,94±0,04	0,87±0,01	0,91±0,03	0,90±0,04	0,88±0,02 <sup>2*</sup>	0,90±0,03 <sup>2*</sup>

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 – A1A1 и A2A2; 2 – A1A2 и A2A2 (\* –  $P < 0,05$ ).

Так, согласно данным, представленным в таблице 19, в стаде СПК колхоз «Родина» среди носителей генотипа  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> животные III имели тенденцию к увеличению коэффициентов БЭК (на 11,65%), КБП (на 4,10%), FCR (на 14,43%) и GFE (на 15,55%) по сравнению с I группой. У особей  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> тенденция сохраняется, III группа животных по-прежнему имеет превосходство над I показатели, однако наиболее высокие показатели были у II группы животных и составляли по БЭК – 124,34±3,00%, по КБП – 86,07±2,44%, по FCR – 1,13±0,05 кг и по GFE – 0,90±0,04 кг., что больше чем у представителей I группы на 9,30%, 8,57%, 8,65% и 6,66% соответственно. При этом II группа коров-носителей  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> превосходила I группу по БЭК на 6,36%, по КБП – на 9,20%, по FCR – на 7,47% и по GFE – на 8,04%. Между II и III группой существенных различий обнаружено не было, однако отмечается незначительное преимущество по показателям у II группы. Наиболее высокие показатели регистрировались также у особей с желательным генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup>, III группа которых достоверно превосходила сверстниц  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> по БЭК на 15,92% (P<0,05).

Коровы  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> стада СПК «Гридино», осемененные в возрасте 18-20 мес., имели наиболее высокие показатели коэффициентов БЭК (126,50±8,77%), КБП (86,56±8,20%), FCR (0,99±0,04 кг) и GFE (1,02±0,04 кг). При этом среди носителей  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> значения коэффициентов у II группы также были самыми высокими, превышая сверстниц из III группы по БЭК на 16,39%, по КБП – на 9,32%, по FCR – на 1,78% и по GFE – на 2,27%. В то же время установлено, что носители желательного генотипа  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> отличаются высоким уровнем реализации биологического потенциала по сравнению с животными, в геноме которых имеется мутантный аллель  $\beta$ -CN<sup>A1</sup>. Так, коровы I группы  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> превосходили сверстниц  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> по FCR на 6,66%, II группы по FCR и GFE – на 15,15% и 15,09%, а III группы на 16,66% и 16,66% соответственно.

Таблица 20 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами к-CN с учетом возраста первого плодотворного осеменения

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы			группы		
	I(14-17 мес.)	II(18-20 мес.)	III(более 20 мес.)	I(14-17 мес.)	II(18-20 мес.)	III(более 20 мес.)
Генотип	AA					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	112,07±1,90	119,44±6,91	116,48±13,99	110,12±3,70	115,45±6,13	120,55±1,93
КБП, %	77,61±5,93	77,19±3,53	75,29±9,34	71,81±7,03	66,21±4,00	72,76±3,60
FCR, кг	1,05±0,02	1,12±0,09	1,07±0,11	0,94±0,07	1,02±0,06	0,97±0,04
GFE, кг	0,95±0,02	0,91±0,07	0,96±0,10	1,08±0,08	0,99±0,06	1,04±0,04
Генотип	AB					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	98,85±4,45	116,15±3,71	111,73±4,34	120,08±3,90	126,54±11,69	115,39±9,67
КБП, %	62,41±3,09	72,83±2,17 <sup>4*</sup>	71,50±3,55	70,46±4,51	75,05±9,17	63,61±8,56
FCR, кг	0,96±0,03	1,12±0,04	1,08±0,02	1,02±0,02	1,07±0,06	1,09±0,02
GFE, кг	1,04±0,04	0,90±0,04	0,93±0,02	0,98±0,02	0,94±0,06	0,92±0,02
Генотип	BB					
n	5	5	11	4	4	3
БЭК, %	122,40±9,05	139,69±5,41 <sup>4*</sup>	117,54±5,63 <sup>2*</sup>	135,02±13,54	145,01±3,93 <sup>3*</sup>	120,46±4,04 <sup>2*</sup>
КБП, %	78,78±5,00 <sup>3*</sup>	100,81±4,01 <sup>3*</sup>	80,70±4,11	87,52±12,06	95,65±3,54 <sup>3*</sup>	83,50±7,59
FCR, кг	1,02±0,01 <sup>1*</sup>	1,18±0,04	1,04±0,04	1,08±0,04	1,18±0,06	1,12±0,06
GFE, кг	0,98±0,02	0,85±0,03	0,98±0,04	0,93±0,03	0,85±0,04	0,90±0,04

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 - I и II групп; 2 - II и III групп; 3 - AA и BB; 4 - AB и BB (\* -  $P < 0,05$ ).

Среди коров стада СПК колхоз «Родина» с генотипом к-CN<sup>AA</sup> наиболее высокие показатели БЭК, FCR и GFE наблюдались у II группы животных, превосходя коров I группы на 6,57%, 6,66% и 4,39% соответственно. У особей к-CN<sup>AB</sup> отмечается достоверное превосходство II группы над III по КБП на 16,69% ( $P < 0,05$ ), при этом остальные показатели тоже имели тенденцию к увеличению, однако в пределах статистической ошибки, в связи с ограниченностью выборки. БЭК II группы коров с генотипом β-CN<sup>BB</sup> был на 18,84% больше, по сравнению с представителями III группы ( $P < 0,05$ ), при этом наблюдается тенденция увеличения КБП (на 27,96%), FCR (на 15,68%) и GFE (на 15,29%) относительно I группы. Также установлено, что особи II группы с генотипом к-CN<sup>BB</sup> превосходили носителей к-CN<sup>AA</sup> по БЭК на 16,95% и по КБП – на 30,59% ( $P < 0,05$ ).

В стаде СПК «Гридино» у коров с генотипом к-CN<sup>AA</sup> наиболее высокий БЭК (120,55±1,93%) и КБП (72,76±3,60%) регистрируется у III группы, а FCR (1,02±0,06) и GFE (0,99±0,06) у II группы. Среди гетерозигот к-CN<sup>AB</sup> II группа

коров имеет тенденцию к увеличению значений коэффициентов БЭК (на 9,66%) и КБП (на 17,98%) относительно животных III группы, а наивысшие FCR и GFE наоборот отмечались у III группы коров –  $1,09 \pm 0,02$  кг и  $0,92 \pm 0,02$  кг соответственно. Носители желательного генотипа  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>, впервые осемененные в возрасте 18-20 месяцев, имели более высокие значения коэффициентов БЭК, КБП, FCR и GFE, чем коровы не достигшие физиологической зрелости и наоборот превзошедшие ее. Так разница между I и II группой по данным показателям составила 7,39%, 9,28%, 9,25% и 9,41%, а между II и III – 20,38% ( $P < 0,05$ ), 14,55%, 5,35% и 5,88% соответственно. При этом II группа коров-носителей  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> превосходила сверстниц  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> по БЭК и КБП на 25,60% и 44,46% ( $P < 0,05$ ) соответственно.

Таким образом, наиболее высокой молочной продуктивностью и биологической эффективностью отличались носители желательных генотипов  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> при осеменении в возрасте 18-20 месяцев за счет высокой конверсии корма и низких затрат сухого вещества рациона для производства молока.

### **2.2.3.6 Биологическая эффективность коров разных генотипов $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN при различной продолжительности сервис-периода**

Одним из наиболее важных показателей, характеризующим воспроизводительные способности животных, является сервис-период, поскольку от него зависит продолжительность лактации. Однако, при чрезмерной его продолжительности существует риск не получить приплод в течение года. Что в свою очередь скажется на рентабельности производства продукции. Кроме того, продолжительность сервис-периода оказывает влияние на количество получаемого молока от коров за лактацию и на их биологическую эффективность. Выявлено, что показатели молочной продуктивности у коров в обоих предприятиях с разными генотипами  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN уменьшались с увеличением сервис-периода. При этом наиболее высокие качественные показатели были у животных с продолжительностью сервис периода менее 90 дней, а количественные – 91-110 дней (таблица 21, 22).

Таблица 21 – Молочная продуктивность и качественный состав молока коров с разными генотипами  $\beta$ -CN при различной продолжительности сервис-периода

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы животных			группы животных		
	I (60-90 дн.)	II (91-110 дн.)	III (более 110 дн.)	I (60-90 дн.)	II (91-110 дн.)	III (более 110 дн.)
Генотип	A1A1					
n	4					
Удой, кг	5332,00 ±255,00	-	-	-	-	-
МДЖ, %	3,96±0,02	-	-	-	-	-
МДБ, %	3,23±0,02	-	-	-	-	-
СОМО, %	7,58±0,60	-	-	-	-	-
СВ, %	11,20±0,54	-	-	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	9	3	6	9	3	5
Удой, кг	5207,00 ±135,00	5490,00 ±276,00	5994,00 ±167,00	5945,00 ±126,00	5251,00 ±289,00	5537,00 ±337,00
МДЖ, %	3,97±0,02	3,92±0,06	3,95±0,03	4,50±0,05	4,63±0,06	4,50±0,12
МДБ, %	3,22±0,02	3,20±0,04	3,22±0,02	3,31±0,03	3,34±0,09	3,35±0,03
СОМО, %	7,97±0,20	7,63±0,61	7,69±0,23	7,84±0,55	7,10±1,15	7,41±0,92
СВ, %	11,66±0,14	11,15±0,23	11,25±0,24	11,30±0,49	10,90±0,54	11,04±0,77
Генотип	A2A2					
n	8	3	12	10	4	12
Удой, кг	5627,00 ±325,00	5828,00 ±230,00	5591,00 ±167,00	5830,00 ±231,00	6534,00 ±321,00 <sup>3*</sup>	6190,00 ±198,00
МДЖ, %	3,98±0,03	3,88±0,06	3,96±0,02	4,58±0,05	4,51±0,03	4,49±0,06
МДБ, %	3,21±0,02	3,21±0,03	3,21±0,01	3,30±0,03	3,33±0,05	3,31±0,03
СОМО, %	8,72±0,30	7,84±0,30	8,09±0,21	7,70±0,36	7,80±0,55	7,26±0,21
СВ, %	12,77±0,33 <sup>2*</sup>	11,72±0,35	11,80±0,18 <sup>1*</sup>	11,45±0,30	11,25±0,70	10,93±0,32

Примечание: достоверность различий указана в сравнении: 1 – I и III групп; 2 – A1A1 и A2A2; 3 – A1A2 и A2A2 (\* –  $P < 0,05$ ).

В обоих предприятиях наиболее высокие качественные показатели молочной продуктивности были у коров с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и продолжительностью сервис-периода менее 90 дней, а наиболее высокие количественные показатели - у коров этого генотипа с сервис-периодом 91-110 дней (см. таблица 21). Из данных таблицы 21 следует, что в СПК колхоз «Родина» у выборки с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> коровы с оптимальной продолжительностью сервис периода (60-90 дн) превосходили представителей II группы (91-110 дн) по МДЖ, СОМО и СВ на 1,26%, 4,27% и 4,37% соответственно, однако по удою особи III группы (более 110 дн) имели преимущество над I и II группами – на 15,11% и 9,18% соответственно. Среди коров с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> наблюдается похожая тенденция. Так, животные I группы превосходили представителей II группы по МДЖ на 2,51%, СОМО – на 10,09% и СВ на 8,22%, а III группы по



СОМО и СВ – на 7,22% и 7,23% соответственно. При этом удой у II группы был на 3,57% больше, чем у I группы и на 4,07%, чем у III группы. В то же время, наиболее высокими показателями отличались особи с желательным генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup>. Животные I группы с данным генотипом достоверно превосходили сверстниц  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> по содержанию сухого вещества в молоке на 14,02% ( $P < 0,05$ ), а так же имели более высокий удой ( $5627,00 \pm 325,00$  кг), МДЖ ( $3,98 \pm 0,03\%$ ) и СОМО ( $8,72 \pm 0,30\%$ ) в молоке.

В СПК «Гридино» наблюдается схожая динамика показателей и с увеличением сервис-периода более 110 дней, регистрируется снижение содержания СОМО и СВ в молоке. Так, среди гетерозигот  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> удой I группы коров был на 6,86% выше по сравнению с II группой, а СОМО и СВ – на 9,44% и 3,54% соответственно. У особей  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> иная ситуация и преимущество в показателях на стороне II группы животных. Однако наблюдается снижение показателей МДЖ, СОМО и СВ у III группы по сравнению с I на 1,97%, 5,71% и 2,30% соответственно. При этом II группа особей с желательным генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> превосходила сверстниц  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> по удою на 19,64% ( $P < 0,05$ ).

Достоверной связи молочной продуктивности коров разных генотипов гена к-CN с продолжительностью сервис-периода не выявлено, однако наблюдается тенденция к снижению показателей с увеличением сервис-периода более 110 дней (таблица 22). Так, в стаде СПК колхоз «Родина» у особей с генотипом к-CN<sup>AA</sup> при продолжительности сервис периода более 110 дней удои снизились на 5,62% относительно II группы и на 2,62% по сравнению с коровами I группы. При этом содержание жира, белка, СОМО и СВ в молоке животных III группы было меньше на 1,27%, 2,20%, 3,27% и 2,26% соответственно. Среди коров к-CN<sup>AB</sup> наиболее высокие показатели МДЖ ( $4,04 \pm 0,03\%$ ), МДБ ( $3,23 \pm 0,02\%$ ), СОМО ( $6,88 \pm 0,07\%$ ) и СВ ( $10,92 \pm 0,07\%$ ) наблюдались у II группы, а удой – у I группы ( $5811,00 \pm 122,00$  кг). Самые низкие показатели регистрировали у животных III группы. У коров с желательным генотипом к-CN<sup>BB</sup> сохраняется данная тенденция.

Таблица 22 – Молочная продуктивность и качественный состав молока коров с разными генотипами к-CN при различной продолжительности сервис-периода

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы животных			группы животных		
	I(60-90 дн.)	II(91-110 дн.)	III(более 110 дн.)	I(60-90 дн.)	II(91-110 дн.)	III(более 110 дн.)
Генотип	AA					
n	3	3	3	3	3	3
Удой, кг	5385,00 ±173,00	5556,00 ±158,00	5244,00 ±238,00	5285,00 ±230,00	6016,00 ±415,00	5185,00 ±227,00
МДЖ, %	3,93±0,01	3,93±0,06	3,98±0,03	4,47±0,06	4,63±0,03	4,33±0,20
МДБ, %	3,25±0,03	3,19±0,04	3,18±0,04	3,29±0,06	3,38±0,02	3,31±0,01
СОМО, %	7,80±0,26 <sup>3*</sup>	7,65±0,62	7,51±0,27	7,36±0,90	6,26±0,09	6,32±0,41
СВ, %	11,74±0,27	11,07±0,15	11,48±0,24	11,06±0,16	10,89±0,09	10,65±0,32
Генотип	AB					
n	3	3	3	3	3	3
Удой, кг	5811,00 ±122,00	5452,00 ±28,00	5388,00 ±287,00	6069,00 ±201,00	6326,00 ±275,00	6562,00 ±201,00 <sup>2*</sup>
МДЖ, %	4,02±0,05	4,04±0,03	3,95±0,02	4,42±0,18	4,34±0,21	4,20±0,15
МДБ, %	3,20±0,01	3,23±0,02	3,22±0,01	3,35±0,01	3,32±0,02	3,36±0,05
СОМО, %	6,76±0,13	6,88±0,07	6,69±0,21	6,43±0,68	5,66±0,73	5,60±0,35
СВ, %	10,78±0,08	10,92±0,07	10,64±0,22	10,85±0,81	10,00±0,67	9,80±0,50
Генотип	BB					
n	8	3	10	5	3	3
Удой, кг	5382,00 ±410,00	5812,00 ±452,00	5269,00 ±305,00	6035,00 ±111,00 <sup>1*</sup>	6711,00 ±236,00	5465,00 ±217,00 <sup>2*</sup>
МДЖ, %	3,97±0,02	3,91±0,07	3,94±0,02	4,52±0,06	4,60±0,02	4,54±0,05
МДБ, %	3,25±0,03	3,22±0,03	3,21±0,02	3,27±0,04	3,33±0,05	3,35±0,02
СОМО, %	8,34±0,36 <sup>1**</sup>	8,41±0,55	8,22±0,26 <sup>2**</sup>	6,31±0,54	7,76±0,39 <sup>1*</sup>	7,23±0,39 <sup>2*</sup>
СВ, %	12,51±0,52 <sup>2*</sup>	11,43±0,17	11,81±0,30 <sup>2*</sup>	10,25±0,57	10,88±0,99	11,37±0,66

Примечание: достоверность различий указана в сравнении: 1 – AA и BB; 2 – AB и BB; 3 – AA и AB (\* – P<0,05; \*\* – P<0,01).

Так, в стаде СПК колхоз «Родина» животные с генотипом к-CN<sup>BB</sup> I группы превосходили представителей III группы по удою на 2,10%, МДЖ на 1,51%, по МДБ – на 1,25%, по СОМО – на 1,44% и по СВ – на 5,60%. В то же время, отмечается превосходство коров к-CN<sup>BB</sup> по некоторым показателям. Так, у I группы с данным генотипом содержание СОМО и СВ было больше, чем у сверстниц к-CN<sup>AA</sup> на 6,47% и 6,56%, а у III группы, по сравнению с носителями к-CN<sup>AB</sup>, эта разница составила 22,87% и 11,00% соответственно (P<0,05).

В стаде СПК «Гридино» наиболее высокие показатели удоя (6016,00±415,00 кг), содержания жира (4,63±0,03%) и белка (3,38±0,02%) среди носителей к-CN<sup>AA</sup> отмечались у II группы, а СОМО (7,36±0,90%) и СВ (11,06±0,16%) – у I. При этом с увеличением продолжительности сервис периода более 110 дней, показатели

снизились до минимальных значений в выборке. В выборке гетерозигот к-CN<sup>AB</sup> наиболее высокий удой зафиксирован у III группы коров (6562,00±201,00 кг), однако особи из I группы превосходили их по содержанию жира в молоке (на 4,98%), СОМО (на 12,91%) и сухого вещества (на 9,68%). Среди особей к-CN<sup>BB</sup> удой, МДЖ и СОМО животных II группы был больше чем у III на 22,80%, 1,30% и 6,83% соответственно. Наиболее высокие показатели регистрируются у носителей желательного генотипа к-CN<sup>BB</sup>, II группа которых превосходила по СОМО особей к-CN<sup>AA</sup> на 19%, а III на 12,59% соответственно (P<0,05).

Отмечено, что биологическая эффективность коров с генотипом β-CN<sup>A2A2</sup> при продолжительности сервис-периода менее 90 дней была наиболее высокой, что связано с высоким содержанием ценных компонентов в молоке. На уровень конверсии корма продолжительность сервис-периода не оказывала значимого влияния (таблица 23).

Таблица 23 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами β-CN при различной продолжительности сервис-периода

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	Группы животных			группы животных		
	I (60-90 дн.)	II (91-110 дн.)	III (более 110 дн.)	I (60-90 дн.)	II (91-110 дн.)	III (более 110 дн.)
Генотип	A1A1					
n	4	-	-	-	-	-
БЭК, %	112,49±7,03	-	-	-	-	-
КБП, %	76,35±7,63	-	-	-	-	-
FCR, кг	1,04±0,05	-	-	-	-	-
GFE, кг	0,97±0,05	-	-	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	9	3	6	9	3	5
БЭК, %	113,93±3,11	116,25±14,05	129,95±4,01 <sup>1*</sup>	134,89±8,34 <sup>2*</sup>	108,54±2,52	117,18±9,08
КБП, %	77,93±3,06	79,18±9,26	88,75±3,09	93,22±7,16	69,98±8,57	78,79±10,08
FCR, кг	1,02±0,03	1,06±0,11	1,17±0,04 <sup>1*</sup>	1,08±0,03	0,98±0,07	1,00±0,05
GFE, кг	0,99±0,03	0,97±0,10	0,86±0,03	0,93±0,03	1,03±0,07	1,01±0,05
Генотип	A2A2					
n	8	3	12	10	4	12
БЭК, %	133,44±7,83 <sup>3*</sup>	126,12±10,61	124,70±4,76	132,04±7,54	145,20±8,83 <sup>3*</sup>	133,55±5,44
КБП, %	91,20±5,94	84,24±6,53	85,66±3,90	88,58±5,51	100,65±7,27 <sup>3*</sup>	89,03±4,08
FCR, кг	1,10±0,06	1,11±0,11	1,09±0,03	1,08±0,04	1,19±0,05	1,12±0,04
GFE, кг	0,92±0,05	0,92±0,10	0,92±0,03	0,94±0,03	0,85±0,04 <sup>3*</sup>	0,90±0,03

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1- I и III групп; 2- I и II групп; 3- A1A1 и A2A2 (\* – P<0,05).

Так, в стаде СПК колхоз «Родина» среди особей с желательным генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> коровы с оптимальной продолжительностью сервис-периода превосходили III группу по БЭК и КБП на 6,55% и 6,07%, различия по FCR и GFE при этом были не существенны. Однако у выборки с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> ситуация иная, и показатели всех исследуемых коэффициентов коров III группы были больше, чем у I на 12,19-15,12%, что может связано с тем, что у этой группы животных были более высокие удои. Но наиболее высокие БЭК и КБП отмечаются у I группы коров с желательным генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и составляют  $133,44 \pm 7,83\%$  и  $91,20 \pm 5,94\%$ , что больше по сравнению со сверстницами с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> 15,70% ( $P < 0,05$ ) и 16,28% соответственно.

В СПК «Гридино» регистрируется тенденция к увеличению значений коэффициентов БЭК, КБП, FCR и GFE среди носителей  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> у коров I группы по сравнению с III на 15,11%, 15,48%, 7,41% и 8,60% соответственно, что свидетельствует об утрате высокого уровня реализации биологического потенциала с увеличением продолжительности сервис-периода. У животных-носителей желательного генотипа  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> III снижались показатели БЭК (на 8,72%), КБП (на 11,54%), FCR и GFE (на 5,88%) относительно животных II группы. При этом наиболее высокий уровень реализации биологического потенциала отмечается у особей с желательным генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup>. Так, II группа этих животных превосходила сверстниц, имеющих в своем геноме мутантный аллель  $\beta$ -CN<sup>A1</sup>, по БЭК на 25,25%, по КБП – на 30,47%, по FCR – на 13,45%, по GFE – на 8,60%.

Также отмечали тенденцию к наиболее высокой биологической эффективности коров с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> и продолжительностью сервис-периода менее 90 дней в СПК колхоз «Родина» и у животных этого генотипа с продолжительностью сервис-периода не более 91-110 дней в СПК «Гридино» (таблица 24).

Таблица 24 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами к-CN при различной продолжительности сервис-периода

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	Группы животных			Группы животных		
	I (60-90 дн.)	II (91-110 дн.)	III (более 110 дн.)	I (60-90 дн.)	II (91-110 дн.)	III (более 110 дн.)
Генотип	AA					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	117,95±4,99	118,05±13,65	113,00±5,50	113,47±4,39	127,37±9,97	112,46±6,08
КБП, %	78,44±4,15	81,27±9,87	73,83±3,91	74,74±5,53	73,24±5,73	66,92±6,44
FCR, кг	1,05±0,02	1,07±0,11	1,03±0,05	0,96±0,07	1,13±0,08	0,90±0,02
GFE, кг	0,96±0,01	0,95±0,10	0,98±0,05	1,06±0,08	0,90±0,06	1,11±0,03
Генотип	AB					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	116,82±1,53	113,58±0,88	107,69±7,41	126,54±11,69	118,82±4,60	127,26±6,57
КБП, %	73,32±1,80	71,53±0,77	67,71±5,00	75,05±9,17	66,97±7,20	72,77±4,63
FCR, кг	1,15±0,01 <sup>3*</sup>	1,09±0,02	1,05±0,05	1,07±0,06	1,11±0,09	1,11±0,04 <sup>1*</sup>
GFE, кг	0,87±0,01	0,92±0,03	0,96±0,05	0,94±0,06	0,91±0,07	0,90±0,03 <sup>1*</sup>
Генотип	BB					
n	8	3	10	5	3	3
БЭК, %	126,45±11,40	123,23±7,92	116,82±5,80	122,37±10,10	144,38±20,21	121,31±13,80
КБП, %	84,05±7,60	90,13±4,51 <sup>2*</sup>	81,51±4,68	75,22±7,54	104,09±14,94	77,09±8,49
FCR, кг	1,05±0,08	1,12±0,07	1,03±0,06	1,10±0,05	1,25±0,10	1,00±0,08
GFE, кг	0,99±0,09	0,90±0,06	1,01±0,07	0,92±0,04	0,81±0,07	1,01±0,08

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 – AA и BB; 2 – AB и BB; 3 – AA и AB (\* –  $P < 0,05$ ).

Так, наиболее высокие показатели коэффициентов БЭК, КБП, FCR и GFE, среди коров с генотипом к-CN<sup>AA</sup> стада СПК колхоз «Родина», отмечаются у II группы животных, превосходя III группу на 4,28%, 9,15%, 3,74%, 3,16% соответственно (см. таблица 24). Среди гетерозигот к-CN<sup>AB</sup> также зафиксировано снижение показателей БЭК (на 7,28%), КБП (на 7,65%), FCR (на 8,70%) и GFE (на 10,34%) у животных с сервис-периодом более 110 дней относительно I группы с оптимальной его продолжительностью. Животные с желательным генотипом к-CN<sup>BB</sup> I группы превосходили III группу по данным показателям на 7,62%, 3,02%, 1,90% и 2,02% соответственно. Также установлено, что коровы с желательным генотипом имеют более высокий уровень реализации биологического потенциала. Так, КБП II группы особей с генотипом к-CN<sup>BB</sup> был больше, чем у носителей к-CN<sup>AB</sup> на 22,54% ( $P < 0,05$ ).

В СПК «Гридино» по величине показателей преимущество было на стороне II группы животных с продолжительностью сервис-периода 91-110 дней. Однако При этом прослеживается тенденция к снижению показателей с его увеличением

более 110 дней. Так, среди носителей  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> у III группы коров наблюдается снижение значений коэффициентов БЭК на 13,26%, КБП – на 8,63%, FCR – на 20,35%, а GFE – на 23,33%. У гетерозигот  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> наоборот, показатели III группы были выше, по сравнению с II группой и находились на одном уровне с представителями I группы. В то время как среди особей с желательным генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> наблюдается тенденция к их снижению у III группы относительно второй на 15,98% по БЭК, на 25,94% – по КБП, на 20,00% – по FCR и на 24,69% – по GFE. Установлено, что гетерозиготные животные III группы, в геноме которых имеется желательный аллель  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> превосходили гомозиготных сверстниц  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> по FCR и GFE на 18,92% ( $P < 0,05$ ).

Таким образом, наиболее высокой молочной продуктивностью и биологической эффективностью обладали коровы с генотипами  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> при продолжительности сервис-периода 60-90 дней, за счет высокой биологической полноценности молока. При увеличении продолжительности сервис-периода более 110 дней показатели имели тенденцию к снижению.

#### **2.2.4 Воспроизводительная способность коров разных генотипов $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN при разном уровне продуктивности**

При высоком уровне молочной продуктивности репродуктивные функции коров снижаются. В тоже время низкие показатели воспроизводительной способности значительно замедляют темп воспроизводства стада и препятствуют отбору животных по основным селекционируемым признакам, что в свою очередь приводит к снижению объемов получаемой продукции на предприятии. Установлено, что у коров с разными генотипами генов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN величина индекса воспроизводительной способности на 20% обусловлена уровнем их продуктивности ( $P < 0,05$ ). При этом показатели воспроизводительной способности коров с генотипами  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> находились на высоком уровне, несмотря на более высокую молочную продуктивность (таблица 25, 26).

Таблица 25 – Воспроизводительная способность коров с разными генотипами  $\beta$ -CN при разном уровне продуктивности

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы животных в зависимости от удоя, кг					
	I (0-5499)	II (5500-6200)	III (более 6200)	I (0-5499)	II (5500-6200)	III (более 6200)
Генотип	A1A1					
n	2	2	-	-	-	-
ИВС	0,93±0,27	0,88±0,02	-	-	-	-
КВС	1,00±0,02	1,12±0,02	-	-	-	-
Инд. Дохи	48,95±0,36	41,59±0,70	-	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	10	5	3	5	8	4
ИВС	0,86±0,04*	0,75±0,05	0,70±0,05	0,93±0,03	0,91±0,09	0,89±0,06
КВС	0,99±0,04	0,86±0,10	0,73±0,13	0,95±0,04	0,98±0,04	0,93±0,12
Инд. Дохи	45,94±1,93	40,28±4,11	34,27±5,25	47,57±1,67	46,21±1,32	40,34±3,51
Генотип	A2A2					
n	12	6	5	5	11	10
ИВС	0,68±0,05	0,78±0,08	0,84±0,07	1,00±0,06	0,89±0,05	0,79±0,05
КВС	0,88±0,05	0,79±0,06	0,97±0,03	1,00±0,03	0,89±0,05	0,91±0,03
Инд. Дохи	40,29±2,21	37,48±2,15	42,84±1,63	46,71±0,85	42,44±2,11	45,31±1,09

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении A1A2 с A2A2 I группы (\* –  $P < 0,05$ ).

Так, в стаде СПК колхоз «Родина» наиболее высокие ИВС (0,93±0,27) и Дохи (48,95±0,36) регистрировались у животных с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> с продуктивностью до 5499 кг за лактацию, однако с увеличением молочной продуктивности наблюдается снижение данных показателей на 5,68% и 15,04%, а среди гетерозигот  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> на 12,79% и 12,32% соответственно. В то время как среди особей с желательным генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> данные показатели с увеличением удоев до 6200 кг имели тенденцию к увеличению на 23,53% и 6,33%, а КВС на 10,23%.

В СПК «Гридино» снижение значений коэффициентов наблюдается у всех групп животных. При этом коровы  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> с удоем более 6200 кг за лактацию превосходили сверстниц  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> по ИВС на 12,66%. Однако по КВС и Дохи, животные с желательным генотипом практически не уступали гетерозиготам, сохраняя репродуктивные способности на сравнительно высоком уровне, производя при этом уникальную продукцию с отличительным качеством.

Таблица 26 – Воспроизводительная способность коров с разными генотипами к-CN при разном уровне продуктивности

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы животных в зависимости от удоя, кг					
	I (0-5499)	II (5500-6200)	III (более 6200)	I (0-5499)	II (5500-6200)	III (более 6200)
Генотип	AA					
n	3	3	3	3	3	3
ИВС	0,73±0,05	0,73±0,05	0,73±0,05	0,73±0,05	0,73±0,05	0,73±0,05
КВС	0,88±0,16	0,88±0,16	0,88±0,16	0,88±0,16	0,88±0,16	0,88±0,16
Инд. Дохи	41,17±5,08	41,17±5,08	41,17±5,08	41,17±5,08	41,17±5,08	41,17±5,08
Генотип	AB					
n	3	3	3	3	3	3
ИВС	0,86±0,10	0,86±0,10	0,86±0,10	0,86±0,10	0,86±0,10	0,86±0,10
КВС	0,97±0,02	0,97±0,02	0,97±0,02	0,97±0,02	0,97±0,02	0,97±0,02
Инд. Дохи	45,13±2,04	45,13±2,04	45,13±2,04	45,13±2,04	45,13±2,04	45,13±2,04
Генотип	BB					
n	15	15	15	15	15	15
ИВС	0,82±0,05	0,82±0,05	0,82±0,05	0,82±0,05	0,82±0,05	0,82±0,05
КВС	0,92±0,04	0,92±0,04	0,92±0,04	0,92±0,04	0,92±0,04	0,92±0,04
Инд. Дохи	43,34±1,88	43,34±1,88	43,34±1,88	43,34±1,88	43,34±1,88	43,34±1,88

Так в стаде СПК колхоз «Родина» среди гомозигот к-CN<sup>AA</sup> с увеличением удоев до 6200 кг и выше, показатель коэффициента ИВС увеличился на 3,95%, а КВС и Дохи снизились – на 9,09% и 4,93% соответственно. У носителей к-CN<sup>AB</sup> наблюдается снижение данных показателей на 8,14%, 16,49% и 25,15% соответственно. В то время как у носителей желательного генотипа к-CN<sup>BB</sup> воспроизводительные качества высокоудойных животных незначительно отличаются от коров, чьи удои не превышают 5499 кг. Так, ИВС и Дохи имел тенденцию к снижению с увеличением удоев на 1,22% и 4,34%, а КВС наоборот, увеличился на 7,61%.

В СПК «Гридино» среди коров с генотипом к-CN<sup>AA</sup> с повышением молочной продуктивности увеличивались и коэффициенты ИВС (на 10,87%), КВС (на 6,67%) и Дохи (на 1,96%), в то время как у носителей к-CN<sup>AB</sup> данные показатели снижались на 17,00%, 9,57% и 42,95% соответственно. Среди особей с генотипом к-CN<sup>BB</sup> также наблюдается снижение ИВС на 25,81%, однако коровы с удоями 6200 кг и более превосходили сверстниц с продуктивностью до 5499 кг по КВС и Дохи – на 4,44% и 2,55%.



Также установлено, что наиболее высокие показатели воспроизводительной способности были у животных с низкой долей крови. У коров в обоих предприятиях, в том числе генотипов  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>, с увеличением доли крови по улучшающей породе показатели воспроизводства снижались (таблица 27, 28).

Таблица 27 – Воспроизводительная способность коров с разными генотипами  $\beta$ -CN с учетом доли кровности по улучшающей породе

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы животных в зависимости от доли кровности					
	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)
Генотип	A1A1					
n	4	-	-	-	-	-
ИВС	0,90±0,11	-	-	-	-	-
КВС	1,06±0,04 <sup>1*</sup>	-	-	-	-	-
Инд. Дохи	45,27±2,15	-	-	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	12	3	3	5	8	4
ИВС	0,81±0,04	0,71±0,05	0,85±0,08	0,86±0,03	0,93±0,07	1,01±0,17
КВС	0,88±0,06	0,98±0,12	0,98±0,07	0,93±0,05	0,94±0,05	1,03±0,05
Инд. Дохи	41,28±2,76	44,50±3,17	44,91±3,38	43,11±1,73	46,28±1,46	49,73±1,29
Генотип	A2A2					
n	17	3	3	5	11	10
ИВС	0,77±0,05	0,67±0,02	0,66±0,04	0,89±0,04	0,78±0,03	0,86±0,05
КВС	0,90±0,04 <sup>2*</sup>	0,81±0,12	0,79±0,01	0,94±0,03	0,84±0,05	0,91±0,04
Инд. Дохи	41,26±1,50	38,57±3,54	35,14±4,66	44,71±1,38	42,56±1,67	44,11±0,74

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 – A1A1 и A1A2; 2 – A1A1 и A2A2 (\* – P<0,05)

Как видно из данных, представленных в таблице 27, в стаде СПК колхоз «Родина» среди коров с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> с увеличением доли кровности по улучшающей швицкой породе более 50% наблюдается незначительное увеличение ИВС (на 4,94%), КВС (на 11,36%) и индекса Дохи (на 8,79%), при этом у носителей желательного генотипа  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> наоборот, с увеличением кровности наблюдалось снижение данных коэффициентов на 14,29%, 12,22% и 14,83% соответственно.

В стаде СПК «Гридино» аналогичная ситуация – у носителей генотипа  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> животные с кровностью более 50% превосходили сверстниц с долей крови менее 50% по ИВС на 14,85%, по КВС – на 10,75%, по индексу Дохи – на 15,36%, а у особей  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> эта разница составила соответственно 3,49%, 3,19% и 11,34%, но в пользу коров с долей кровности менее 50%.

Таблица 28 – Воспроизводительная способность коров с разными генотипами к-CN с учетом доли кровности по улучшающей породе

Показатели	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы животных в зависимости от доли кровности					
	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)
Генотип	AA					
n	3	3	3	3	3	3
ИВС	0,87±0,07	0,69±0,06	0,85±0,08	0,86±0,04	0,85±0,10	0,92±0,08
КВС	0,97±0,13	0,83±0,17	0,98±0,07	1,00±0,02	0,85±0,02	0,96±0,04
Инд. Дохи	46,54±4,05	39,77±5,07	44,91±3,38	45,74±3,02	43,40±1,13	47,91±0,97
Генотип	AB					
n	3	3	3	3	3	3
ИВС	0,91±0,16	0,79±0,06	0,83±0,08	0,89±0,06	0,90±0,05	0,89±0,06
КВС	1,04±0,05	1,00±0,03	0,74±0,10	0,83±0,13	0,87±0,01	0,86±0,07
Инд. Дохи	46,26±2,70	41,63±0,88	35,25±5,14	42,16±4,91	43,97±1,63	44,33±3,25
Генотип	BB					
n	15	3	3	5	3	3
ИВС	0,87±0,05	0,70±0,02	0,66±0,04 <sup>1*</sup>	0,86±0,12	0,85±0,08	0,91±0,05
КВС	0,92±0,05	0,96±0,07	0,79±0,01	0,90±0,10	0,89±0,05	0,94±0,05
Инд. Дохи	43,07±1,98	43,29±1,60	35,14±4,66	43,19±4,26	44,14±1,00	45,74±2,15

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: I и III группы (\* –  $P < 0,05$ ).

Как видно из таблицы 28, среди носителей желательного генотипа к-CN<sup>BB</sup> в СПК колхоз «Родина» чистопородные сверстницы превосходили особей с кровностью более 50% по ИВС на 24,14% ( $P < 0,05$ ). В то же время, наблюдается тенденция к снижению показателей ИВС, КВС и индекса Дохи с увеличением доли крови улучшающей породы у коров к-CN<sup>AA</sup> на 2,30%, 1,03% и 3,50%, а у особей к-CN<sup>BB</sup> на 8,79%, 28,85% и 23,80% соответственно.

В стаде СПК «Гридино» различия в показателях между группами находились в пределах статистической ошибки, что может быть связано с ограниченностью выборки. Однако наблюдается тенденция к увеличению значений коэффициентов с повышением доли крови улучшающей породы выше 50%. В то же время, среди особей с генотипом к-CN<sup>AA</sup> коровы с кровностью менее 50% превосходили полукровок по ИВС на 1,16%, по КВС – на 15% и по индексу Дохи – на 5,12%, а среди животных к-CN<sup>BB</sup> по ИВС – на 1,16% и по КВС – на 1,11%.

Таким образом, коровы с генотипами  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и к-CN<sup>BB</sup> характеризуются наиболее высокой молочной продуктивностью и биологической эффективностью, с сохранением репродуктивных функций.

## 2.2.5 Экономическая эффективность использования коров с разными генотипами $\beta$ -CN и $\kappa$ -CN

Для определения экономической эффективности использования коров с разными генотипами по гену  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN произвели перерасчет продуктивности животных на общероссийскую базисную норму массовой доли жира (3,4%) и белка (3,0%), на основании чего определили выход дополнительной продукции у особей разных групп.

Установлено, что наибольшее количество молока базисной жирности и белковости в СПК колхоз «Родина» было получено от коров с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup>. При этом затраты на производство 1 кг молока у животных данной группы были минимальными и составили 24,30 руб (таблица 29).

Таблица 29 – Экономическая эффективность использования коров с разными генотипами  $\beta$ -CN

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	генотип по бета-казеину					
	A1A1	A1A2	A2A2	A1A1	A1A2	A2A2
n	4	18	23	-	17	26
Получено молока на 1 корову за 305 дней лактации, кг	5331,33	5516,39	5833,73	-	5702,31	6104,14
Средняя жирность молока, %	3,96	3,95	3,98	-	4,52	4,53
Средняя белковость молока, %	3,23	3,22	3,21	-	3,33	3,31
Базисная жирность молока, %	3,40	3,40	3,40	-	3,40	3,40
Базисная белковость молока, %	3,00	3,00	3,00	-	3,00	3,00
Получено молока базисной жирности и белковости на 1 корову за 305 дней лактации, кг	6685,49	6878,72	7306,92	-	8414,60	8973,27
Затраты на производство молока на 1 корову, руб	177546,60	177546,60	177546,60	-	166315,29	166315,29
Затраты на генотипирование 1 коровы, руб	1000,00	1000,00	1000,00	-	1000,00	1000,00
Затраты на 1 кг молока, руб	26,56	25,81	24,30	-	19,77	18,53
Цена реализации 1 кг молока, руб	27,43	27,43	27,43	-	28,69	28,69
Выручка от реализации полученного молока, руб	183382,93	188683,34	200428,77	-	241414,79	257442,98
Прибыль от реализации полученного молока от 1 коровы в год, руб	5836,33	11136,74	22882,17	-	75099,50	91127,69
Рентабельность, %	3,18	5,90	11,42	-	31,11	35,40

При этом (см. таблица 29) затраты на производство 1 кг молока у животных данной группы были минимальными и составили 24,30 руб. С учетом затрат на генотипирование коров, прибыль от реализации молока одной коровы с желательным генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> в год составила 22882,17 руб, что больше, по сравнению с носителями  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> на 17045,84 руб. Соответственно, по рентабельности использования разница составила 8,24% в пользу  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup>.

В выборке СПК «Гридино» особей  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> отличались наибольшим выходом молока базисной жирности и белковости (8973,27 кг), большей прибылью с реализации молока от одной коровы в год (91127,69 руб.) и наиболее высокой рентабельностью (35,40%) при сравнительно низких затратах на производство 1 кг молока (18,53 руб.)

Экономическая эффективность коров с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> была наиболее высокой за счет большей биологической полноценности продукции (таблица 30).

Таблица 30 – Экономическая эффективность использования коров с разными генотипами  $\kappa$ -CN

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	генотип по каппа-казеину					
	AA	AB	BB	AA	AB	BB
n	9	9	21	9	9	11
Получено молока на 1 корову за 305 дней лактации, кг	5235,89	5558,44	5930,63	5495,52	6141,11	6330,67
Средняя жирность молока, %	3,94	3,98	3,96	4,28	4,3	4,55
Средняя белковость молока, %	3,21	3,22	3,22	3,27	3,28	3,32
Базисная жирность молока, %	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40
Базисная белковость молока, %	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Получено молока базисной жирности и белковости на 1 корову за 305 дней лактации, кг	6492,20	6983,80	7413,99	7540,50	8491,59	9375,60
Затраты на производство молока на 1 корову, руб	177546,60	177546,60	177546,60	177546,60	177546,60	177546,60
Затраты на генотипирование 1 коровы, руб	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
Затраты на 1 кг молока, руб	27,35	25,42	23,95	23,55	20,91	18,94
Цена реализации 1 кг молока, руб	27,43	27,43	27,43	28,69	28,69	28,69
Выручка от реализации полученного молока, руб	178080,93	191565,59	203365,61	216336,94	243623,71	268985,91
Прибыль от реализации полученного молока от 1 коровы в год, руб	534,33	14018,99	25819,01	38790,34	66077,11	91439,31
Рентабельность, %	0,30	7,32	12,70	17,93	27,12	33,99

Данные таблицы 30 показывают, что наибольшее количество молока базисной жирности и белковости в СПК колхоз «Родина» было получено от коров с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> (7424 кг), при этом прибавка к основной продукции в процентном соотношении составила 20,12%. Однако прибавка к продукции у генотипа  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> была более высокой и составила 20,35%. В итоге, стоимость дополнительной продукции в расчете на 1 голову у группы с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> составила 44820 рублей, что больше чем у  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> на 18,29% и на 5,21% больше чем у  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup>.

В СПК «Гридино» от животных с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> было получено большее количество молока базисной жирности и белковости – 9366 кг. При этом у этой группы животных прибавка к основной продукции составила 32,40% к общему ее числу. В итоге прибыль с реализации дополнительной продукции в расчете на 1 голову была больше по сравнению с  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> на 32,06%, а с  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> на 21,91%.

Таким образом, наиболее экономически выгодно использовать для разведения коров, имеющие в своем геноме аллель  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>B</sup>.

## ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В настоящее время одной из основных задач, стоящих перед отечественным животноводством, является обеспечение продовольственной безопасности населения. Для этого необходимо повышение эффективности производства, которая напрямую зависит от генетического потенциала крупного рогатого скота наиболее ценных отечественных пород и совершенствования их племенных и продуктивных качеств. При этом необходимо ориентироваться не только на увеличение объемов производимого молока, но и повышение его качества (Барышев А.А., 2004; Белокуров С.Г., 2018; Королев А.А., 2021).

Крупный рогатый скот костромской породы обладает уникальным генофондом, устойчивостью ко многим заболеваниям, а также высоким качеством молочной продукции, что делает молоко этих коров ценным сырьем для производства высококачественных сыров. Животные этой породы обладают высоким генетическим потенциалом, однако перед селекционерами стоит вопрос о более полном его раскрытии. С этой целью в селекционной работе наиболее эффективным является использование ДНК-маркеров молочной продуктивности наряду с традиционными методами, а также применением коэффициентов, определяющих уровень биологической эффективности животных разных генотипов. Это позволит повысить качество отбора и подбора коров, сохранить ценный генофонд популяций, в полной мере раскрыть потенциал породы, а также увеличить объем производимой продукции и повысить ее качество (Сулимова Г.Е., 2011, 2014; Тяпугин С.Е., 2022, Калашникова Л.А., 2022).

Многими исследованиями выявлено положительное влияния аллеля  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> на уровень молочной продуктивности и качественный состав молока коров (Сабетова К.Д., Кофиади И.А. и Чаицкий А.А., 2021; Матушкина Е.В., 2014; Ахметов Т.М. и др., 2007; Хфертдинов Р.А. и др., 2009; Тельнов Н.О., 2016; Глик Б., 2002).

По данным А.А. Королева (2021), Г. Е. Сулимовой с соавт. (2008, 2011, 2014), А.В. Баранова и Б.В. Шалугина (2011), в геноме костромской породы крупного рогатого скота установлено высокое содержание  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> (до 40,5%),

определяющего сыропригодность молока и его технологические свойства. Так же авторами было отмечено, что среди быков-производителей бурых пород, к которой относится костромская, частота встречаемости носителей желательного генотипа  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> составляет 41%, а A1A1 – 6%. Наши данные подтверждают вышеуказанные выводы. Так, в ходе исследований было установлено, что желательный генотип  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> идентифицирован у 56% исследуемого поголовья, при этом доля коров-носителей генотипа  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> составила 5%. Аллель  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> регистрировался в геноме 76% животных, а аллель  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> лишь у 20%. Частоты встречаемости  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> составила 47% изучаемой выборки, а аллеля  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> – 60%. В то же время, в результате исследований различных авторов (Сабетовой К.Д., Кофиади И.А. и Чаицкого А.А., 2021), было установлено, что аллель  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> связан с более высоким содержанием жира и сухого вещества в молоке, а аллель  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> исследователи ассоциируют с более высоким содержанием белка и жира в молоке, его коагуляционными свойствами, большим выходом творога и сыра, при этом установлена высокая корреляция между SNP  $\kappa$ -CN и содержанием сухого вещества в молоке (Ахметов Т.М. и др., 2007; Хфертдинов Р.А. и др., 2009; Тельнов Н.О., 2016; Vovenhuis, H. и др., 1991, 1992; Стрекозов Н.И. и др., 1997). В ходе наших исследований получены похожие результаты. Так, регистрировалась тенденция к увеличению величины удоев, содержания жира и сухого вещества в молоке носителей желательного генотипа  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> относительно  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup>. В то время как высокое содержание жира в молоке на 33% определялось генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>, а содержание сухого вещества – на 20% ( $P < 0,05$ ). Данное явление объясняется лучшей конверсией корма у этих животных - то есть наиболее высокий коэффициент FCR. Коэффициент GFE показывает расход сухого вещества корма для получения 1 кг молока. У животных с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> этот показатель был самым низким, что означает, что при одинаковом потреблении корма - выход молока у этих животных наиболее высокий. Доля влияния генотипа  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> на FCR составила 43% ( $P < 0,05$ ). Также отмечали, что МДЖ животных  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> была больше, чем у  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> – на 14%, FCR – на 21% а GFE – на 19% ( $P < 0,05$ ).

Данные о положительном влиянии к-CN<sup>BB</sup> на величину удоев коров разнятся. Зарубежными авторами Н. Bovenhuis, J.M. Van Arendonk, S. Korver приводятся сведения, что у животных голштинской породы с генотипом к-CN<sup>AA</sup> удои были выше, чем у к-CN<sup>BB</sup> и к-CN<sup>AB</sup> на 173 и 51 кг соответственно. При этом группой ученых из ГНУ ЯНИИЖК (2006), на примере ярославской породы коров, определялось увеличение количества получаемого молока у животных с генотипом к-CN<sup>BB</sup> на 570 кг по сравнению с генотипом к-CN<sup>AA</sup>. В наших исследованиях наблюдается аналогичная динамика показателей. Так, объем молочной продуктивности крупного рогатого скота изучаемой выборки на 28% зависел от генотипа к-CN ( $P < 0,05$ ), при этом удои животных к-CN<sup>BB</sup> были на 18% больше, чем у к-CN<sup>AA</sup> ( $P < 0,05$ ).

Многие авторы (Мищенко В.А. и др., 2005; Хазиахметов, Ф.С., 2014; Кузнецов, А.В. и др., 2013; Шендаков А.И., 2010) установили, что величина показателей молочной продуктивности на 59% определяется кормлением, на 35% - генетикой и на 6% технологией содержания, в то время как белковость молока на 50% зависит от генетических факторов и на 40% от паратипических.

Мурадова Л.В. (2008) в своих исследованиях отмечала, что наиболее высокие показатели продуктивности среди животных костромской породы имели коровы с долей кровности 50% по улучшающей швицкой породе, что объясняется эффектом гетерозиса. Однако, чистопородные сверстницы без кровности по швицкой породе практически не уступали высококровным животным по величине удоя и в тоже время имели самый продолжительный срок хозяйственного использования и достаточно высокий коэффициент адаптивного потенциала. В исследованиях Белокурова С.Г. (2018) отмечается, что чистопородные коровы превосходили своих сверстниц с долей кровности более 50% по удою за первую лактацию на 92 кг, за вторую на 40 кг, за полновозрастную на 406 кг ( $P < 0,05$ ). Вышеизложенные данные согласуются с полученными нами результатами. Так, было установлено, что содержание жира (на 24%) и сухого вещества (на 18-23%) в молоке коров обусловлено долей кровности по улучшающей швицкой породе ( $P < 0,05$ ). При этом коровы с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и кровностью менее 49%



превосходили сверстниц с кровностью более 50% по удою на 15%, по БЭК на 27,16%, а по КБП на 23,62% ( $P < 0,05$ ). В то время как особи с генотипом к-CN<sup>BB</sup> и долей крови менее 49% превосходили сверстниц с кровностью более 50% по удою на 12,5%, по сухому обезжиренному молочному остатку (СОМО) – на 19%, по содержанию сухого вещества в молоке (СВ) – на 9%, по БЭК – на 23,91%, по КБП – на 20,15% и по FCR – на 15% ( $P < 0,05$ ).

Живая масса телок при первом плодотворном осеменении, по данным Г.П. Лищука (2007), оказывает влияние на их продуктивность, доля влияния составляет 6%. При этом сила влияния комплекса показателей (возраст и масса первого осеменения) составляет 8,5%. Рядом авторов (Чиргин Е. Д. и Семенов В. Г., 2020; Джиева Е.Г., 2020) также отмечается, что с увеличением живой массы первого плодотворного осеменения возрастает удои, однако при этом снижаются качественные показатели молока, что подтверждается нашими исследованиями. Так, в результате нами было установлено, что содержание сухого вещества в молоке исследуемых особей крупного рогатого скота на 19% зависело от массы при первом осеменении ( $P < 0,05$ ). При этом, особи с генотипом к-CN<sup>BB</sup> и массой при первом осеменении 400-420 кг превосходили животных с массой более 420 кг по СВ на 9% ( $P < 0,05$ ). Животные с генотипом к-CN<sup>AB</sup> и массой более 420 кг превосходили животных с массой менее 400 кг по FCR на 16% и по GFE – на 14% ( $P < 0,05$ ). Вероятно, это связано с тем, что у коров с желательным генотипом и живой массой при первом плодотворном осеменении более 400 кг эффективнее используются кормовые ресурсы для обеспечения биологической полноценности молока. Конверсия корма у коров с массой менее 400 кг - ниже, так как сухое вещество рациона используется не только на формирование продуктивности, но и на рост.

Многие исследователи (Добровольским Ю.Н., 2007; Брагинец С.А., 2016; Вильвера Д.С., 2015) отмечают, что большое влияние на показатели молочной продуктивности оказывает возраст первого плодотворного осеменения. Авторы отмечают, что животные, осемененные в раннем возрасте, имеют в 2 раза меньшую продолжительность хозяйственного использования, по сравнению с

животными, осемененными в возрасте 18 мес. и старше, при этом уровень надоев увеличивается. В исследованиях Д.С. Вильвера (2015) отмечается, что более высокой молочной продуктивностью отличались первотёлки с оптимальным возрастом первого осеменения 17–18 мес. Так, удои коров возраста первого осеменения 19-20 месяцев (III группа) были на 3,8% ниже, чем у животных I группы (возраст осеменения 17-18 месяцев) и на 6,7% меньше, чем у II группы (17-18 месяцев). По содержанию жира и белка в молоке коровы I группы превосходили тёлки II группа на 1,3% и 0,6%, а животных III группы – на 0,8% и 1,2% соответственно. Количество молочного жира и белка у коров II группы было больше, чем у I на 4,8% и 5,6%, соответственно. Разница между II и III группой по количеству молочного жира и белка составила соответственно 6,0% и 7,2% ( $P<0,05$ ) так же в пользу II группы.

Наши исследования согласуются с данными вышеназванных авторов. Так, нами было установлено, что коров в возрасте более 20 мес. и менее 18 мес. отрицательно влияло на показатели молочной продуктивности и уровень реализации биологического потенциала животных всех групп. Коровы с генотипом  $к-CN^{BB}$  при возрасте первого осеменения 18-20 мес. превосходили особей, осемененных в возрасте более 20 мес., по БЭК на 24,55% ( $P<0,05$ ). В СПК колхоз «Родина» коровы-носители  $к-CN^{BB}$ , осемененные в возрасте 18-20 мес. превосходили животных, осемененных в возрасте более 20 мес., по СОМО на 11% и по БЭК – на 22,15%, а коров, покрытых до 18 мес., по СОМО – на 11%, по КБП – на 28% и по FCR – на 16% ( $P<0,05$ ). Таким образом, биологическая эффективность и биологическая полноценность молока коров осемененных в возрасте 18-20 мес. и была значительно выше, чем у остальных, за счет высокой конверсии корма и низких затрат сухого вещества рациона для производства молока. Это может быть связано с тем, что при осеменении в возрасте менее 17 месяцев у коров не завершен процесс роста, молоко таких животных отличается низкой биологической полноценностью, поскольку питательная ценность рациона расходуется на развитие организма. В тоже время, у коров, осемененных в возрасте более 20 мес., конверсия корма высокая, что связано с наибольшей

потребностью организма в кормах, однако биологическая полноценность молока низкая, вероятно из-за нарушения метаболизма (жировой обмен, гормональные перестройки).

Продолжительность сервис-периода влияет на молочную продуктивность как фактор, определяющий продолжительность лактации, как отмечает Е.Д. Ворошилова (2007). По данным автора, с увеличением длительности сервис-периода наблюдается закономерное повышение удоев, Однако как пишет Н.Ф. Лось (2002), удлинение сервис-периода сверх оптимального в 80-90 суток отрицательно отражается как на воспроизводстве стада, так и на выходе приплода (Ворошилова Е.Д., 2007; Лось Н.Ф., 2002). В результате наших исследований также наблюдалось увеличение удоев у животных всех групп, с увеличением продолжительности сервис-периода, однако выявлена тенденция к увеличению показателей молочной продуктивности и уровня реализации биологического потенциала животных, в геноме которых имеется аллель  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>B</sup>, при соблюдении оптимальной продолжительности сервис-периода.

Так, наибольший коэффициент БЭК был у животных с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> –  $145,20 \pm 8,83\%$  и  $144,38 \pm 20,21\%$  соответственно при продолжительности сервис-периода 91-110 дней. Среди особей с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> и продолжительностью сервис-периода менее 90 дней коэффициент БЭК был на 26,35% ( $P < 0,05$ ) больше, чем у животных с сервис-периодом более 110 дней. У коров-носителей  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> и продолжительностью сервис-периода менее 90 дней содержание сухого вещества в молоке было на 8% ( $P < 0,05$ ) больше, чем у особей с сервис-периодом более 110 дней.

В то же время, было установлено, что у коров с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> на фоне повышенной продуктивности наблюдается сохранение высоких репродуктивных качеств, определяемых сравнительно высокой величиной коэффициентов воспроизводительной способности ИВС, КВС и Дохи. Полученные данные согласуются с мнением В.И. Беляева с соавторами (2012), которые отмечают, что лучшей воспроизводительной способностью обладают коровы с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>.

По данным ряда ученых (Ахметов Т.М., 2010; Тамарова Р.В., 2014; Танана Л.А., 2014; Тельнов Н.О., 2015) высокая экономическая эффективность производства молока достигается при использовании коров имеющие аллель В каппа-казеина в генотипе. Эти данные подтверждаются результатами наших исследований. Так, в стаде СПК колхоз «Родина» прибыль от реализации дополнительной продукции животных с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> была на 18% больше, чем у животных  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> и на 5% больше, чем у  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup>. При этом, в СПК «Гридино» прибыль от реализации дополнительной продукции коров с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> была на 41% больше, чем у животных с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> и на 28% больше, чем у  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup>. В то же время прибыль от реализации дополнительной продукции животных с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> в стаде СПК колхоз «Родина» была на 8% больше, чем у  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup>.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что коровы костромской породы с генотипами  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>, с низкой долей крови по улучшающей швицкой породе, живой массой первого плодотворного осеменения 400-420 кг, возрастом первого осеменения 18-20 мес., продолжительностью сервис-периода не более 110 дней отличаются высокой молочной продуктивностью и биологической эффективностью.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенных исследований желательный генотип  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> выявлен у 56% изучаемого поголовья, при этом доля коров-носителей генотипа  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> составила 5%. Аллель  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> регистрировался в геноме 76% животных, а аллель  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> – у 20%. Частота встречаемости желательного генотипа  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> составила 47% изучаемой выборки, при этом аллель  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> выявлен у 60% животных.

2. Установлено, что высокие показатели удоя коров изучаемой выборки (на 28%), содержания жира в молоке (на 33%) обусловлены генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>. Высокое содержание сухого вещества на 20% определялось генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> ( $P < 0,05$ ). Носители желательных генотипов  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> по молочной продуктивности имели наиболее высокие показатели по сравнению со сверстницами других генотипов. Коровы-носители  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> в СПК колхоз «Родина» превосходили особей  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> по содержанию СОМО и сухого вещества в молоке на 9,23% и 8,30% соответственно ( $P < 0,05$ ). В СПК «Гридино» у носителей  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> отмечаются наиболее высокие удои – на 7,05% превышающие гетерозиготных сверстниц  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> ( $P < 0,05$ ). Удои животных  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> были на 18% больше, чем у  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup>, разница по МДЖ составила 14%. При этом носители желательных генотипов сохраняли высокие показатели продуктивности на протяжении всего срока хозяйственного использования. Удои полновозрастных коров СПК «Гридино» с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> были больше на 14% ( $P < 0,05$ ) по сравнению с первотелками. В стаде СПК «Родина» удои коров  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> за третью лактацию были больше на 15% ( $P < 0,05$ ), чем за первую.

3. Выявлено, что высокие показатели КБП (на 22%) и FCR (на 43%) обусловлены генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>. В стаде СПК «Гридино» коэффициент FCR и GFE животных  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> были больше, чем у  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> на 21% и 19% ( $P < 0,05$ ) соответственно. В то же время данные показатели были устойчивы к возрастным изменениям. Так, FCR и GFE коров  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> за третью лактацию были больше на 16% и 15% ( $P < 0,05$ ) по сравнению с первой. В стаде СПК «Родина» FCR

полновозрастных коров  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> был больше на 15% ( $P < 0,05$ ), чем у первотелок. В то же время среди животных  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> разница между первотелками и полновозрастными по FCR составила 9% в пользу последних ( $P < 0,05$ ).

4. Высокие показатели МДЖ, СВ, СОМО и КБП у коров с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> обусловлены низкой долей кровности по улучшающей швицкой породе (до 49%). Ее доля влияния на данные показатели составила 24%, 23%, 18% и 20% соответственно ( $P < 0,05$ ). Так, в СПК колхоз «Родина» коровы с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и кровностью менее 49% (I группа) превосходили сверстниц с кровностью более 50% по удою на 15%, по БЭК - на 27,16%, по КБП - на 23,62%. При этом особи  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> I группы превосходили сверстниц с долей крови более 50% по улучшающей породе по удою на 12,5% ( $P < 0,05$ ), СОМО – на 19%, СВ – на 9%, БЭК – на 23,91%, КБП – на 20,15% и FCR – на 15% ( $P < 0,05$ ).

5. Выявлено, что живая масса 400-420 кг при первом плодотворном осеменении (II группа) ассоциируется с высокой биологической эффективностью коров  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>. Так, в СПК колхоз «Родина» животные  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> II группы превосходили сверстниц с живой массой первого осеменения 340-399 кг по БЭК – на 8,59%, КБП – на 12,93%, FCR – на 6,60%, GFE – на 5,61%. Также высокая биологическая эффективность носителей  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> ассоциируются с первым плодотворным осеменением в возрасте 18-20 месяцев (II группа). В СПК «Гридино» коровы  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> II группы превосходили особей, осемененных в возрасте более 20 мес (III группа), по БЭК на 24,55% ( $P < 0,05$ ). Коровы-носители  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> II группы стада СПК колхоз «Родина» превосходили животных III группы по БЭК – на 22,15%, а коров, покрытых до 18 мес, – по КБП – на 28% и FCR – на 16% ( $P < 0,05$ ). Установлено, что коровы с генотипами  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> отличаются наиболее высокой молочной продуктивностью и эффективностью использования при продолжительности сервис-периода 60-90 дней (I группа). В СПК колхоз «Родина» носители генотипа  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> I группы имели наиболее высокие БЭК ( $133,44 \pm 7,83\%$ ) и КБП ( $91,20 \pm 5,94\%$ ), а коровы  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> I группы превосходили III (сервис-период более 110 дн) по БЭК, КБП, FCR и GFE на 7,62%, 3,02%, 1,90% и 2,02% соответственно.

6. Коровы с генотипами  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> характеризуются наиболее высокой молочной продуктивностью и биологической эффективностью, при этом их репродуктивные функции остаются на высоком уровне. В особенности данная тенденция прослеживается у коров с долей кровности менее 49% по улучшающей швицкой породе.

7. Расчет экономической эффективности показал, что при наименьших затратах на производство 1 кг молока коровы с желательными генотипами отличались высокой рентабельностью использования и, соответственно, высокой экономической эффективностью. Так, рентабельность особей  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> в стаде СПК колхоз «Родина» была выше, по сравнению со сверстницами  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> на 8,24%, а разница между носителями  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup> составила 12,40% в пользу последних. В СПК «Гридино» носители  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> по рентабельности превосходили гетерозигот  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> на 4,29%, а особи  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> на 16,06% превосходили сверстниц  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup>.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

С целью ускорения темпов совершенствования костромской породы и повышения эффективности использования молочных коров специалистам племенных хозяйств рекомендуем:

– проводить оценку племенных коров и ремонтного молодняка по генам  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN;

– выявлять и интенсивно использовать коров с генотипами  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>, характеризующихся высокой молочной продуктивностью и биологической эффективностью;

– проводить осеменение телок генотипов  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> с живой массой 400-420 кг, в возрасте 18-20 месяцев, поддерживать кровность животных до 49%.

Специалистам селекционного центра по костромской породе с целью совершенствования продуктивных качеств коров рекомендуем:

- учитывать частоту встречаемости желательных генотипов  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> при разработке планов селекционно-племенной работы для племенных хозяйств;

- при формировании племенного ядра породы проводить тестирование по генам  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN будущих матерей и быков-производителей.

Преподавательскому составу вузов сельскохозяйственного профиля с целью повышения качества образования будущих специалистов в области зоотехнии разработать программы обучения с включением материала по методам маркерной селекции с использованием генов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN для совершенствования продуктивных качеств костромской породы коров и повышения их биологической эффективности.

Преподавательскому составу в системе ДПО разработать программы курсов повышения квалификации для специалистов племенного дела по обучению методам эффективной маркерной селекции с использованием генов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN для совершенствования продуктивных качеств коров и повышения их биологической эффективности.



## **РЕКОМЕНДАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

Результаты проведенных исследований предполагают перспективы развития темы в следующих направлениях:

- изучение распространения аллельных вариантов генов  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN в различных популяциях крупного рогатого скота других районов и областей РФ;
- изыскание новых эффективных и экономически выгодных методов проведения ДНК-диагностики в условиях интенсивного производства продукции животноводства;
- тестирование имеющегося поголовья и спермы быков-производителей костромской породы по генам  $\beta$ -CN и  $\kappa$ -CN;

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абдуллина, Д. Р. Влияние продолжительности сервис-периода на молочную продуктивность коров бурой швицкой породы / Д. Р. Абдуллина, Р. С. Гизатуллин // Известия ОГАУ. – 2014. – №4 (48).
2. Аллипанах, М. Генотипирование популяции крупного рогатого скота по локусу гена каппа-казеина / М. Аллипанах // Материалы научной конференции молодых ученых и специалистов МСХА. – Москва, 2005. – С. 245-247.
3. Артеменко, К. М. Влияние технологического оборудования на клинико-гематологический статус и продуктивные качества коров в условиях Иркутской области / К. М. Артеменко, Д. С. Адушинов // Научная жизнь. – 2021. – Т. 16. – № 4(116). – С. 519-528. – DOI 10.35679/1991-9476-2021-16-4-519-528. – EDN EODICV.
4. Ахметов, Т.М. Молочная продуктивность коров с разными комбинациями генотипов каппа-казеина и бета-лактоглобулина / Т.М. Ахметов, С.В. Тюлькин, Э.Ф. Валиуллина // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2007, 51-57.
5. Бадин, Г. А. Использование швицких быков европейской селекции в совершенствовании скота костромской породы / Г. А. Бадин, С. Г. Белокуров // 60 лет костромской породе крупного рогатого скота. Материалы юбилейной научно-практической конф. – Кострома, 2004. – С. 68-76.
6. Баранов, А.В. Костромская порода крупного рогатого скота в новом столетии: состояние и перспективы (обзор) / А. В. Баранов, Н. Ю. Парамонова, Н. С. Баранова [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – Т. 20. – № 6. – С. 533-547. – DOI 10.30766/2072-9081.2019.20.6.533-547. – EDN YICFTZ.
7. Баранов, А. В. Генетическое маркирование и его использование при совершенствовании системы разведения молочного скота [Текст]\* / А. В. Баранов. // дис. на соиск. уч. степени доктора биол. наук: 06.02.01. – Кострома, 1997. – 310 с.
8. Баранова, Н.С. Оценка и совершенствование заводских семейств в

молочном скотоводстве [Текст]\* / Н. С. Баранова, А. В. Баранов, М. А. Глущенко, И. Ю. и др. // Монография, Караваево: Костромская ГСХА. – 2018. – 161 с.

9. Баранова, Н. С. Селекционно-биологические аспекты повышения плодовитости высокопродуктивных коров костромской породы [Текст]\*. Дисс. на соис. учен. степ. доктора с-х наук: 06.02.01/ Н. С. Баранова. – М: Лесные поляны. – 2002. – 278 с.

10. Барышев, А. А. Результаты совершенствования костромской породы по основным селекционируемым признакам [Текст]\* / А. А. Барышев, В. А. Смирнов // 60 лет костромской породе крупного рогатого скота: Материалы юбилейной научно-практической конференции 18-19 ноября 2004. – Кострома: Изд. КГСХА, 2004. – С. 17-30.

11. Белокуров, С. Г. Оценка биологического потенциала коров Костромской породы / С. Г. Белокуров, А. А. Чаицкий // Новые подходы к разработке технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции : Материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 06–07 июня 2018 года / Под общ. ред. И.Ф. Горлова. – Волгоград: Издательство Волгоградского института управления - филиала РАНХиГС, 2018. – С. 43-46. – EDN XRNIGT.

12. Богданова, Т. В., Наследуемость признаков линейной оценки экстерьера костромских коров [Текст]\* / Т. В. Богданова, Т. А. Мошихина // Актуальные проблемы науки в АПК: Матер. 56-й междун. научно-практ. конференции. – Т. 2. – Кострома: Изд. КГСХА, 2005. – С. 85-87.

13. Богданова, Т. В., Продолжительность хозяйственного использования коров в хозяйстве ГПЗ «Караваево», её взаимосвязь с типом телосложения [Текст]\* / Т. В. Богданова, Г. В. Пестова, В. Г. Потепалова // Актуальные проблемы науки в АПК: Матер. 55-й междун. научно-практической конференции. – Т. 2. – Кострома: Изд. КГСХА, 2004. – С. 72-73.

14. Брагинец, С. А. Влияние возраста первого осеменения на продуктивность черно-пестрых голштинизированных коров / С. А. Брагинец, С. С. Астахов, А. Ю. Алексеева // Известия Санкт-Петербургского государственного

аграрного университета. – 2016. – № 45. – С. 134-138. – EDN XHPXID.

15. Величко, И.И. Эффективность моделирования при управлении селекционными процессами скота костромской породы / И.И. Величко // Автореф. дисс. канд. с.-х. н. – Ульяновск, 2013. – 20 стр.

16. Вельматов, А. П. Комплексное влияние генотипов каппа-казеина и бета-лактоглобулина на молочную продуктивность и технологические свойства молока коров красно-пестрой породы в Республике Мордовия / А. П. Вельматов, Н. Н. Неякин, Н. О. Тельнов // Огарев-Online. – 2017. – № 1(90). – С. 9.

17. Вильвер, Д. С. Влияние возраста первого осеменения тёлочек на молочную продуктивность коров чёрно-пестрой породы разного возраста / Д. С. Вильвер // Известия ОГАУ. – 2015. – №6 (56). – С. 141-142.

18. Власов, П. Г. Мисковский скот [Текст]\*/ П. Г. Власов // Труды Московского зоотехнического института имени В.М. Молотова. – 1933. – С. 23-34.

19. Ворошилова, Е.Д. Влияние генетических средовых факторов на продуктивные качества коров типа Ирменский / Е.Д. Ворошилова // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Новосибирск. – 2007. – 22 с.

20. Всяких, А.С. Бурые породы скота [Текст]\*/ А. С. Всяких. – М.: Колос. – 1981. – 271 с.

21. Вудфорд, К. Дьявол в молоке. Болезнь, здоровье и политика. Молоко А1 и А2 / К. Вудфорд: пер. с англ. М. Дадына. // Издательство РАМН. – 2018. — 320 с.

22. Галлямова, А.Р. Каппа-казеин – важнейший селекционный критерий в молочном скотоводстве / А.Р. Галлямова, С.Г. Исламова // Молочное и мясное скотоводство. – 2008. – №2. – С. 17–18.

23. Ганиев А.С. Продуктивность первотелочек черно-пестрой породы с разными генотипами каппа-казеина и диацилглицерол о-ацилтрансферазы / А.С. Ганиев // Дисс... канд. био. наук, Казань, 2019. – 139 с.

24. Гатауллин Н. Г. Молочная продуктивность, состав и технологические свойства молока коров при включении в рацион комплексной кормовой добавки

«Биодарин» / Н. Г. Гатауллин // Дисс... канд. с.-х. наук. – Уфа, 2017. – 137 с.

25. Глик, Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применения / Б. Глик, Д. Пастернак. // М: Мир. – 2002. – 589 с.

26. Глущенко, М. А. Особенности экстерьера коров костромской породы [Текст]\*/ М.А. Глущенко, Г.Н. Тараканова, Н.И. Семкина // Актуальные проблемы науки в АПК: Матер. 57-й научно-практической конференции. – Т. 3. – Кострома: Изд. КГСХА, 2005. – С. 32-34.

27. Горелик О.В. Теоретические и практические аспекты повышения эффективности молочного скотоводства в зоне Южного Урала / О.В. Горелик // автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Оренбург, 2002. – 46 с.

28. Горлов И.Ф. Бета-казеин: известный, но не познанный / И.Ф. Горлов, В.О. Сычева, Л.В. Коннонова // Молочное и мясное скотоводство. – Балашиха, 2016. – №6. – С. 18-19. ISSN: 0026-9034

29. Горский, Н.А. Костромская порода скота в колхозах [Текст]\*/ Н. А. Горский // М.: Сельхозгиз. – 1952. – 172 с.

30. Грен, О.В. Эффективность использования комплексной кормовой добавки на качество молока коров красно-пестрой породы / О.В. Грен // Молодой ученый. — 2013. — № 1 (48). — С. 433-435.

31. Гуськова, С.В. А2-молоко-продукт для детского питания / С.В. Гуськова // Информационный бюллетень Национального союза племенных организаций. – 2017. – № 1. – С.24-27.

32. Давыдова, А. С. Оценка экстерьера коров-дочерей разных быков-производителей [Текст]\*/ А. С. Давыдова, Н. С. Баранова, Т. Ю. Гусева // Актуальные проблемы науки в АПК: матер. 58-й научно-практической конференции, Кострома: Изд. КГСХА, 2007. – Т. 2. – С. 103-105.

33. Дерябина, Ю.М. Генетический полиморфизм каппаказеина и гормона роста у быков Ярославской породы / Ю.М. Дерябина, О.В. Костюнина, Н.А. Зиновьева // Новые методы генодиагностики и генотерапии: современное состояние и перспективы использования в сохранении генофонда сельскохозяйственных животных: материалы межд. науч. конф. – Дубровицы,

2005. – С. 58-61.

34. Джигоева, Е. Г. Влияние живой массы и возраста при первом осеменении на молочную продуктивность первотелок / Е. Г. Джигоева // Научное обеспечение сельского хозяйства горных и предгорных территорий : Материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции, Владикавказ, 25–27 ноября 2020 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2020. – С. 133-136. – EDN NAQEAX.

35. Дмитриев В.Д. Повышение эффективности селекции в молочном скотоводстве [Текст] / В.Д. Дмитриев // Зоотехния. – 2001. – №4. – С.2.

36. Дмитриев, Н. Г. Породы скота по странам мира [Текст]\*/ Н. Г. Дмитриев // Справочная книга. Л.: Колос. – 1978. – 351 с.

37. Добровольский, Ю.Н. Влияние паратипических факторов на продуктивное долголетие голштиinizированных черно-пестрых коров / Ю.Н. Добровольский // Дисс. канд. сельскохозяйственных наук. М. – 2007. – 115 с.

38. Долматова, И.Ю. Оценка генетического потенциала крупного рогатого скота по маркерным генам / И.Ю. Долматова, Ф.Р. Валитов // Вестник Башкирского университета. – 2015. – Т. 20. – № 3. – С. 850-853.

39. Дубынин В.А., Каменский А.А. Бета-казоморфины и их роль в регуляции поведения // Место издания Товарищество научных изданий КМК. – Москва, 2010. – 306 с

40. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2019) [Текст]\*/ Г.И. Шичкин, В.В. Чернов, Г.Ф. Сафина и др. // М.: Изд. «ФГБНУ ВНИИплем». – 2020. – 271 с.

41. Есмагамбетов К.К. Хозяйственно-биологический потенциал черно-пестрых коров при целенаправленной селекции / К.К. Есмагамбетов // АБУ. – 2010. – №12 (79). – С. 42-43.

42. Ефимов, И.А. Использование селекционных индексов в племенной работе / И.А. Ефимов, Т.П. Усова, О.П. Юдина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 114-120. – EDN VWICJW.

43. Жебровский, Л. С. Селекция животных [Текст]\*: Учебник для вузов / Л.С. Жебровский. // СПб.: Лань. – 2002. – 254 с. ISBN 5-8114-0396-8.
44. Завертляев, Б.П. Совершенствование систем разведения и селекции молочного скота [Текст] / Б.П. Завертляев, П.Н. Прохоренко // Зоотехния. – 2000. – №8. – С. 8-12.
45. Зиновьева, Н.А. Введение в молекулярную генную диагностику сельскохозяйственных животных / Н.А. Зиновьева // ВИЖ. – 2002. – 122 с.
46. Зубенко, Э.В. Использование метода селекционных индексов для прогнозирования племенной ценности быков черно-пестрой породы по пожизненному удою дочерей / Э.В. Зубенко, Д.К. Некрасов // Вестник АПК Верхневолжья. – 2012. – №4(20). – С. 28-32.
47. Иванов, В.А. Генотипы пород крупного рогатого скота и качество молока / В.А. Иванов, Н.С. Марзанов, Л.И. Елисеева // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2017. – № 3. – С. 48-65.
48. Ильинский, А.А. Костромская порода скота и ее совершенствование [Текст]\*/ А.А. Ильинский. // Л.: Агропромиздат. – 1985. – 128 с.
49. Иолчев, В.С. Частота аллелей и распределение фенотипов белковых фракций молока дочерей разных быков / В.С. Иолчев // Новое в селекции сельскохозяйственных животных, сб. науч. тр. / ВИЖ. – Дубровицы, 1993. – № 56. – С. 129-132.
50. Казаков, Д. С. Влияние быков-производителей разной селекции на продуктивное долголетие коров костромской породы [Текст]\*/ Д. С. Казаков, С. Г. Белокуров // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: Сб. статей 69-й международной научно-практической конф. – Караваево: Костромская ГСХА, 2018. – Том № 1. – С. 174-181.
51. Калашникова, Л.А. Влияние генотипа каппа-казеина на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы / Л.А. Калашникова, Е.А. Денисенко, А.Ш. Тинаев // Сб. науч. тр. / Ин-т животноводства Нац. акад. наук Беларуси. – Жодино, 2004.– Т. 39: Зоотехническая наука Беларуси. – С. 50-55.
52. Калашникова, Л.А. Исследование полиморфизма генов молочных

белков у крупного рогатого скота черно-пестрой породы Самарского типа / Л.А. Калашникова, В.А. Грашин, А.А. Грашин // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2015. – № 4. – С. 18-28.

53. Карамеева, А.С. Качество молозива коров разных генеалогических линий голштинской породы / А.С. Карамеева, Л.Н. Бакаева, С.В. Карамеев, Г.В. Лапин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – Т. 6. – № 1. – С. 40-46.

54. Карнаухов Ю.А. Биологическая эффективность коров и экологическая безопасность продукции в зависимости от генотипа животных / Ю.А. Карнаухов, Э.М. Андриянова // Известия ОГАУ. – 2010. – №28-1.

55. Кахикало, В. Г. Практикум по разведению животных [Текст]\*/ В. Г. Кахикало, Н. Г. Предеина, О. В. Назарченко // СПб: Издательство «Лань». – 2013. – 320 с.

56. Комогорцева, Л. С. Влияние на молочную продуктивность кормления и содержания коров красно - пёстрой породы в условиях Забайкальского края / Л. С. Комогорцева // Актуальные проблемы биотехнологии и ветеринарной медицины : Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых, Иркутск, 14–15 декабря 2017 года. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2017. – С. 316-321. – EDN XZGHZJ.

57. Королев, А.А. Совершенствование костромской породы при использовании быков-производителей различного происхождения [Текст] / А.А. Королев // дис... канд. с.х. наук. – Москва, 2021. – 155 с.

58. Королев, А. А. Оценка быков-производителей костромской породы по генотипам казеина и оплодотворяющей способности / А.А. Королев, Н.С. Баранова // Вестник АПК Верхневолжья. – 2021. – № 2(54). – С. 56-60. – DOI 10.35694/YARCX.2021.54.2.009.

59. Костомахин, Н.М. Разведение с основами частной зоотехнии / Н.М. Костомахин // СПб: Лань. – 2006. – 448 с.

60. Костромская порода [Электронный ресурс] / Костромская порода



двойной продуктивности, 2010, URL: <https://fermer.ru/soviet/razvedenie-krs/49906>.  
Дата обращения 03.06.2021.

61. Косяченко, Н.М. Влияние генетических и паратипических факторов на молочную продуктивность коров ярославской породы и ее помесей с голштинской / Н.М. Косяченко, А.В. Коновалов, М.А. Малюкова // Нива Поволжья. – 2014. – № 31. – С. 93-99.

62. Красота, В.Ф. Разведение сельскохозяйственных животных [Текст]\*/ В. Ф. Красота, В. Т. Лобанов // М. – 1976. – 416 с.

63. Кузнецов В.М. Современные методы анализа и планирования селекции в молочном стаде. / В.М. Кузнецов // НИИСХ Северо-Востока. – Киров, 2001. – 116 с.

64. Кузнецов, А.В. Особенности представления сведений о молочной продуктивности коров в системе СЕЛЭКС и их интерпретация/ А.В. Кузнецов, С.В. Щепкин // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № (06) 90. – С. 21.

65. Кузнецов, В.М. Разведение по линиям и голштинизация: методы оценки, состояние и перспективы / В. М. Кузнецов // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2013. – 41 с.

66. Кузнецов, В.М. Стратегия развития генетической оценки животных в XXI веке / В.М. Кузнецов // Здоровье – питание – биологические ресурсы: матер. междунар. науч.-практич. конференции, посвящ. 125-летию со дня рождения Н. В. Рудницкого, НИИСХ Северо-Востока. – Киров, 2002. – Т. 2. – С. 299–310.

67. Курак, А. Коварные соматические клетки. Как держать их «в узде»? / А. Курак // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – №1 (129). – С.73–76.

68. Лазаренко, В.Н. Биологическая эффективность коров по пищевой ценности молока / В.Н. Лазаренко, О.В. Горелик, Н.И. Лыкасова // Зоотехния. – 2002. – № 6. – С. 27-28.

69. Лебедько, Е. Я. Долголетнее продуктивное использование молочных коров [Текст]\* / Е. Я. Лебедько // Тр. КГСХА: докл. юбилейной конференции, посвященной 50-летию создания костромской породы крупного рогатого скота. – Кострома, 1995. – С. 84-87.

70. Лещук, Г.П. Совершенствование черно-пестрого скота в условиях Зауралья / Г.П. Лещук // Автореф. дисс. докт. с.-х. наук. – Оренбург, 2007. – 35с.
71. Лещук, Г.П. Факторы, влияющие на молочную продуктивность коров голштинских линий в условиях Зауралья / Г.П. Лещук, Л.Е. Новоселова // Главный зоотехник. – 2006. – № 3. – С. 32-34.
72. Лискун, Е.Ф. Поднятие продуктивности животноводства во второй пятилетке [Текст]\*/ Е. Ф. Лискун // В кн.: Выращивание молодняка крупного рогатого скота. – Сельхозгиз, 1934. – 145 с.
73. Лоретц, О. Г. Влияние генотипа каппа-казеина на технологические свойства молока / О.Г. Лоретц, Е. В. Матушкина // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 3(121). – С. 23-26.
74. Лось, Н.Ф. Продуктивность коров в зависимости от возраста и сервис-периода / Н.Ф. Лось // Зоотехния. – 2002. – №7. – С. 2-4.
75. Лущенко, А.Е. Разведение сельскохозяйственных животных / А. Е. Лущенко, Т.Г. Черногорцева, С.В. Бодрова, Н.М. Бабкова // Электронный учебно-методический комплекс. – 2009. – URL: [http://www.kgau.ru/distance/zif\\_03/razvedenie-110401/soderz.html](http://www.kgau.ru/distance/zif_03/razvedenie-110401/soderz.html)
76. Лягин, Ф.Ф. Костромской породе – 55 лет [Текст]\*/ Ф.Ф. Лягин // Матер. юбилейной научно-практ. конф. – Кострома, Изд. : КГСХА, 2000. – С. 9-13
77. Лягин, Ф.Ф. Костромская порода крупного рогатого скота — наша марка [Текст] / Ф.Ф. Лягин, Г.А. Бадин : материалы юбилейной научно-практ. конф. – Кострома, 2004. – С. 58-67.
78. Максименко, В. Качество молока – основа конкурентоспособности выпускаемой продукции / В. Максименко // Молочное и мясное скотоводство. – 2007. – № 6. – С. 5–6.
79. Марзанов, Н.С. Характеристика российских молочных пород крупного рогатого скота по встречаемости генотипов и аллелей в локусе бета-казеина / Н.С. Марзанов, Д.А. Девришов, С.Н. Марзанова, Д.А. Абылкасымов, Н.В. Коновалова, И.С. Либет // Ветеринария Зоотехния Биотехнология. – 2020. – № 1. – С. 47-52. – DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202001007.

80. Марзанова, С.Н. Разработка генодиагностики комплекса аномалий позвоночника [СVM] и иммунодефицита [BLAD] у животных черно-пестрого голштинизированного скота / С.Н. Марзанова // Дисс.... кандидата биол. наук. – Москва, 2012. – 142 с.

81. Маркарян, А.Ю. Использование метода ПЦР в технологии генотипирования k-казеинов крупного рогатого скота / А.Ю. Маркарян, Г.О. Шайхаев, Г.Е. Сулимова // Бюл. науч. тр. ВНИИРГЖ. – 1991. – Т.124. – С. 17-23.

82. Матрос, В.П. Разведение костромской породы крупного рогатого скота в современных условиях [Текст]\*/ В. П. Матрос // 70 лет костромской породы крупного рогатого скота: сборник статей, Костромская ГСХА. – 2014. – С. 42-45.

83. Матушкина, Е.В. Характеристика каппа-казеина как фракции молочного белка / Е.В. Матушкина // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 9(127). – С. 38-40.

84. Мельникова, Е.Е. Селекционный индекс как экономическая составляющая основы племенной работы в молочном скотоводстве / Е.Е. Мельникова, С.Н. Харитонов, И.Н. Янчуков // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2018. – №8. – С. 29-33.

85. Митропольская, А.Д. Ведущее селекционное стадо племенного совхоза «Каравеево» [Текст]\*/ А.Д. Митропольская // В кн. ГПК скота костромской породы. – Москва, 1950. – Т. 1-2. – С. 39-63.

86. Мищенко, В.А. Проблема сохранности высокопродуктивных коров / В.А. Мищенко, Н.А. Ярёмченко, Д.К. Павлов, А.В. Мищенко // Ветеринарная патология. – 2005. – № 3. – С. 95 – 99.

87. Морозова, Н.И. Молочная продуктивность и качество молока голштинских коров при круглогодичном стойловом содержании / Н.И. Морозова, П.А. Костычева, С.Р. Подоль, М.А. Улькина // Зоотехния. – 2012. – № 2. – С. 18 – 19.

88. Мурадова Л.В. Влияние генетических факторов на хозяйственно-полезные признаки коров костромской породы / Л.В. Мурадова // Вестник

Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. 2008. Т. 14. № 1. С. 29-31. Мурадова Л.В. Влияние генетических факторов на хозяйственно-полезные признаки коров костромской породы / Л.В. Мурадова // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. 2008. Т. 14. № 1. С. 29-31.

89. Новиков, В.В. Факторы, влияющие на реализацию генетического потенциала коров по молочной продуктивности / В.В. Новиков, И.В. Федотов // Наука и образование XXI века. Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2014. – С. 129-131.

90. Новое в селекции ярославского скота [Электронный ресурс] // ГНУ ЯНИИЖК. – 2006. – URL: <http://diss.rsl.ru/diss/05/0707/050707049.pdf>.

91. Новоселова, Н.Е. Оценка генетических и фенотипических факторов, влияющих на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы в условиях Зауралья / Н.Е. Новоселова // Автореф. дисс. Канд. с.-х.н. – Троицк, 2007. – 19 с.

92. Павлова, П.С. Влияние продолжительности сервис-периода и сухостойного периода на молочную продуктивность коров в АО "Путь Ильича" Завьяловского района Удмуртской Республики / П.С. Павлова, Н.М. Смолина // Тенденции развития науки и образования. – 2019. – № 46-5. – С. 26-31. – DOI 10.18411/lj-01-2019-97. – EDN ZQZEKL.

93. Перчун, А.В. Полиморфизм генов CSN3, bPRL и bGH у коров Костромской породы в связи с показателями молочной продуктивности / А.В. Перчун, И.В. Лазебная, С.Г. Белокуров // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11-2. – С. 304-308.

94. Позднякова, В.Ф. Мясная продуктивность и биологические особенности скота костромской породы и ее помесей в условиях интенсивно-пастбищной технологии [Текст]\*/ В.Ф. Позднякова // Дисс. на соиск. уч. степени доктора с.-х. наук. – Кострома, 2005. – 272 с.

95. Потепалова, В.Г. Новый заводской молочный тип скота костромской породы [Текст]\*/ В.Г. Потепалова, А.А. Коршунова, Р.Г. Глущенко и др. // Тр. Костромской ГСХА. – Кострома: Изд. КГСХА, 1995. – С. 21-24.

96. Потепалова, В.Г. Создание молочного типа скота в ГПЗ «Караваяево» [Текст]\*/ В.Г. Потепалова // 60 лет костромской породе крупного рогатого скота : Материалы юбилейной научно-практической конференции 18-19 ноября 2004 г. – Кострома: Изд.:КГСХА, 2004. – С. 106-113.
97. Примакин, И.П. Костромская порода крупного рогатого скота вчера и сегодня [Текст]\*/ И.П. Примакин // 70 лет костромской породы крупного рогатого скота: сборник статей. – Костромская ГСХА, 2014. – С. 45-58.
98. Рахматулина Н.Р. Комплексная оценка племенных животных в молочном скотоводстве / Н.Р. Рахматулина // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnaya-otsenka-plemennyyh-zhivotnyh-v-molochnom-skotovodstve> (дата обращения: 16.05.2022).
99. Рубан Ю.Д. Перспективы развития селекционной науки в животноводстве [Текст] / Ю.Д. Рубан // Зоотехния. – 2003. – № 1. – С.9-11.
100. Саморуков, Ю. Без отечественных быков не обойтись [Текст]\*/ Ю. Саморуков, Н. Марзанов, Т. Калязина // Животноводство России. – 2011. – № 3.– С. 43-44.
101. Саморуков, Ю. О породах в молочном скотоводстве [Текст]\*/ Ю. Саморуков, А. Бычков, В. Чернов, В. Андрианов, В. Потепалова, Н. Марзанов // Молочное и мясное скотоводство. – 2013. – № 7. – С. 21-23.
102. Саранюк, С. В. Технологические приемы повышения эффективности молочного скотоводства / С. В. Саранюк, С. В. Барсуков, С. В. Воронин // Научный журнал молодых ученых. – 2020. – № 2(19). – С. 65-73. – EDN MKFDUT.
103. Саханчук, А.А. Больше энергии – лучше расход азота /А.А. Саханчук, С. Кирикович С., А. Курепин // Животноводство России. – 2010. – №8. – С.37.
104. Сермягин, А.А. Современные технологии генетического совершенствования молочного крупного рогатого скота / А.А. Сермягин, Е.А. Гладырь, О.С. Романенкова // Племенная работа в животноводстве Московской области и г. Москвы (2015 г.) – Москва: ОАО «Московское» по племенной работе». – 2016. – 84 с.

105. Сечин, В.А. Мясная продуктивность и качество мяса бычков красной степной породы в зависимости от уровня интенсивности их выращивания / В.А. Сечин, Г.С. Местешов, Е.С. Беломытцев // Мясное скотоводство и перспективы его развития: Доклады междунар. юб. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию ВНИИМСа. – Оренбург. – 2000. – № 53. – С. 461-467.

106. Сибагатуллин Т.Х. Использование ДНК технологий в животноводстве / Ф.С. Сибагатуллин, Т.Х. Фаизов, Г.С. Шарафутдинов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2010. – Т. 5. – № 1(15). – С. 130-132. – EDN LARYFR.

107. Сибагатуллин, Ф.С. Использование ДНК-технологий в животноводстве / Ф.С. Сибагатуллин, Т.Х. Фаизов, Г.С. Шарафутдинов, Ш.З. Валидов, Р.Р. Шайдуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2010. – Т. 5. – № 1 (15). – С. 130-132.

108. Сиротина, М. В. Фенетика носогубного зеркала крупного рогатого скота [Текст]\*/ М.В. Сиротина, А.В. Баранов // Кострома : КГУ им. Некрасова. – 2009. – 215 с.

109. Скляренко, Ю. И. Оценка экстерьера коров-первотелок украинской бурой молочной породы [Текст]\*/ Ю. И. Скляренко, Ю. Н. Бойко // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2012. – С. 125-129.

110. Соболева Н.В. Влияние породы коров и сезона года на технологические свойства молока при производстве сладкосливочного масла // Соболева Н.В., Кузнецов А.В., Карамаев С.В. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2010. – №27-1. – С. 85-88.

111. Соболева, Н.В. Качество сыра из молока коров с разными генотипами каппа-казеина / Н.В. Соболева, А.А. Ефремов, С.В. Карамаев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – № 3(31). – С. 180-182.

112. Столповский, Ю.А. Ключевой вопрос сохранения продовольственной безопасности России – сохранение породного разнообразия [Текст]\*/ Ю.А. Столповский // 70 лет костромской породы крупного рогатого скота: сборник

статей. Костромская ГСХА. – 2014. – С. 58-62.

113. Стрекозов, Н.И. Интенсификация молочного скотоводства России / Н.И. Стрекозов, В.К. Чернушенко, В.И. Цысь. – Смоленск, 1997. – С. 50-53.

114. Сударев, Н.П. Продуктивность коров черно-пестрой породы в связи с технологией их содержания / Н.П. Сударев, Н.В. Иванов // Главный зоотехник. – 2022. – № 3(224). – С. 11-24. – DOI 10.33920/sel-03-2203-02. – EDN MQDBTJ.

115. Сулимова, Г.Е. Сравнительный анализ генофондов костромской и швицкой пород крупного рогатого скота и их помесей по генам, ответственным за продуктивные качества [Текст]\*/ Г.Е. Сулимова, Ю.А. Столповский, А.В. Перчун. // Отчет о выполнении тематического плана научно-исследовательских работ по заказу Минсельхоза России – Кострома: КГСХА, 2014. – 302 с.

116. Сулимова, Г.Е. Полиморфизм гена каппа-казеина в популяциях подсемейства Bovinae / Г.Е. Сулимова, Ю.Н. Бадагуева, И.Г. Удина // Генетика. – 1996. – Т. 32. – № 11. – С. 1576-1582.

117. Сулимова, Г.Е. Уникальность Костромской породы крупного рогатого скота с позиции молекулярной генетики / Г.Е. Сулимова, И.В. Лазебная, А.В. Перчун // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 9. – С. 52-54.

118. Суяркулов, Ш.Р. Белковомолочность черно-пестрого голштиinizированого скота и ее связь с технологическими свойствами молока: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук 06.02.01 / Ш.Р. Суяркулов; Моск. вет. акад. им. К. И. Скрябина. – Москва, 1987. – 13 с.

119. Тельнов, Н.О. Влияние генотипа каппа-казеина на молочную продуктивность и технологические свойства молока коров красно-пестрой породы в Республике Мордовия / Н.О. Тельнов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 2(34). – С. 160-163. – EDN WEZYZZ.

120. Терлецкий, В.П. Оценка племенных животных по полиморфизму генов и ДНК / В.П. Терлецкий // Современные достижения и проблемы биотехнологии сельскохозяйственных животных: материалы межд. науч. конф. – Дубровицы, 2004. – С. 43-45.

121. Тимофеев Ю.П. Совершенствование методов селекции в молочном скотоводстве [Текст] / Ю.П. Тимофеев, М.Д. Дедов // Зоотехния. – 1995. – №4. – С. 33-36.

122. Тинаев, А.Ш. Генотипирование популяции крупного рогатого скота черно-пестрой породы по локусу гена каппа-казеина / А.Ш. Тинаев, Л.А. Калашникова, И.Ю. Павлова // Селекция, кормление, содержание сельскохозяйственных животных и технология производства продуктов животноводства, Сб. науч. тр., ВНИИплем. – Лесные поляны, 2003. – № 15:– С. 39-43.

123. Тюлькин, С.В. Сравнительный анализ термоустойчивости молока у коров с разными генотипами генов каппа-казеина и бета-лактоглобулина / С.В. Тюлькин, Л.Р. Загидуллин, Э.Ф. Валиуллина, Е.Н. Рачкова, Т.М. Ахметов, Р.Р. Вафин // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященная памяти В.М. Горбатова. – 2017. – № 1. – С. 332-334.

124. Тяпугин, Е.А. Сравнительная оценка технологических факторов, влияющих на производство и качество молока, при различных технологиях доения / Е.А. Тяпугин, С.Е. Тяпугин, Г.А. Симонов, В.К. Углин, В.Е. Никифоров, И.С. Сереброва // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2015. – № 3. – С. 50-53.

125. Хаертдинов, Р.А., Афанасьев, М.П., Хаертдинов, Р.Р. (2009). Белки молока / Р.А. Хаертдинов, М.П. Афанасьев, Р.Р. Хаертдинов // Идел-Пресс». – Казань. —256 с. – ISBN: 978-5-85247-335-6.

126. Хазиахметов, Ф.С. Основы современного производства молока: практическое руководство/ Ф.С. Хазиахметов. - Уфа: Издательство Башкирского ГАУ, 2014. - 70 с.

127. Харитонов, С. Н. Современные проблемы оценки племенных качеств быковпроизводителей / С. Н. Харитонов, И. Н. Янчуков, А. Н. Ермилов // Генетические ресурсы ОАО «Московское» по племенной работе» / под ред. Тихоновой Т. Н. и др. – М. ОАО «Московское» по племенной работе». – 2015. – С. 14–17.



128. Хмельничий, Л. М. Реализация наследственности линейных признаков экстерьера быков-производителей [Текст]\*/ Л. М. Хмельничий // Зоотехния. – 2012. – С. 2-3.

129. Чаицкий А.А. Полиморфизм гена каппа-казеина у быков-производителей наиболее популярных молочных пород России / А. А. Чаицкий, К. Д. Сабетова, П. О. Щеголев, С. Г. Белокуров // Аграрный вестник Нечерноземья. – 2021. – № 4(4). – С. 22-28. – DOI 10.52025/2712-8679\_2021\_04\_22. – EDN WDNXHF.

130. Чаицкий, А.А. Влияние возраста первого осеменения на реализацию биологического потенциала крупного рогатого скота Костромской породы / А.А. Чаицкий // Молодежь. Наука. Инновации : сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых, Ярославль, 10–11 марта 2021 года, Ярославская государственная сельскохозяйственная академия. – Ярославль: ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2021. – С. 304-307. – EDN LVKEMM.

131. Чаицкий, А.А. Качественные показатели молока А2 крупного рогатого скота Костромской породы / А.А. Чаицкий, К.Д. Сабетова, И.А. Кофиади // Молодежь. Наука. Инновации : сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых, Ярославль, 10–11 марта 2021 года, Ярославская государственная сельскохозяйственная академия. – Ярославль: ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2021. – С. 307-311. – EDN OXZYFV.

132. Чаицкий, А.А. Оценка реализации биологического потенциала у крупного рогатого скота костромской породы с различными аллельными вариантами гена бета-казеина / А.А. Чаицкий, Н.С. Баранова // Вестник АПК Верхневолжья. – 2021. – № 2(54). – С. 22-28. – DOI 10.35694/YARCX.2021.54.2.004. – EDN BZDDGE.

133. Чернушенко, В.К. Характеристика взаимосвязи показателей линейной оценки, живой массы и молочной продуктивности бурых швицких коров типа Смоленский [Текст]\*/ В. К. Чернушенко // Зоотехния. – 2009. – №7. – С. 8-10.

134. Чиргин, Е.Д. Влияние возраста первого осеменения и живой массы при первом осеменении телок на последующую молочную продуктивность коров / Е.Д. Чиргин, В.Г. Семенов // Перспективы развития аграрных наук : Материалы Международной научно-практической конференции: тезисы докладов, Чебоксары, 10 апреля 2020 года. – Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 127-128. – EDN ВУПWI.

135. Шайдуллин, Р.Р. Оценка полиморфизма гена каппа-казеина у животных черно-пестрой породы / Р.Р. Шайдуллин, А.С. Ганиев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3 (31). – С. 104-109.

136. Шалугин, Б.В. Формирование и реализация продуктивного потенциала скота костромской породы [Текст]\*/ Б.В. Шалугин. – Кострома: Изд. Костромской ГСХА, 2011. – 199 с.

137. Шаумян, В.А. Основные вопросы породообразовательного процесса молочного скота [Текст]\*/ В.А. Шаумян. – Кострома. – 1948. – 176 с.

138. Шаумян, В.А. Основные вопросы породообразовательного процесса молочного скота [Текст]\*/ В.А. Шаумян. – Кострома. – 1948. – 176 с.

139. Шендаков, А.И. Оценка эффективности отбора скота чёрно-пёстрой породы по молочной продуктивности / А.И. Шендаков // Вестник ОрелГАУ. – 2010. – №6. – С. 94-100.

140. Шендаков, А.И. Модернизация селекции в молочном скотоводстве Орловской области [Текст] / А.И. Шендаков // Молочное и мясное скотоводство. – 2008. – №6. – С. 15-19.

141. Штейман, С.И. Как создано рекордное караваевское стадо / С.И. Штейман // Сельхозгиз. – Москва, 1948. – 109 с.

142. Шуварин, М.В. Качество доения как один из факторов, влияющих на молочную продуктивность коров / М.В. Шуварин // Вестник НГИЭИ. – 2013. – № 4 (23). – С. 131-136.

143. Шульга Л.П. Селекционная и информационная составляющие молочного скотоводства России / Л.П. Шульга // Известия СПбГАУ. – 2016. –

№43. – С. 94-100.

144. Юльметьева, Ю.Р. Характеристика воспроизводительной функции коров голштинской породы в зависимости от их генетического потенциала / Ю.Р. Юльметьева, Ф.Ф. Зиннатова, Е.Н. Рачкова, Ш.К. Шакиров, М.Ш. Тагиров // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – № 9. – С. 48-51.

145. Юхманова, Н.А. Влияние каппа-казеина на качество молока и сыропригодность / Н.А. Юхманова, Л.А. Калашникова // Современные достижения и проблемы биотехнологии сельскохозяйственных животных: материалы межд. науч. конф. – Дубровицы, 2004. – С. 27-29.

146. Янчуков И.Н. Научно-практические основы системы племенной работы с молочным скотом на региональном уровне управления / Янчуков И.Н. // Автореф. дис. Доктора с.-х. наук. – Москва: РГАЗУ, 2012. – 47 с.

147. Янчуков И.Н., Сермягин А.А., Мельникова Е.Е., Немчинова М.В., Харитонов С.Н. Комплексная оценка молочного скота на основе селекционного индекса / И.Н. Янчуков, А.А. Сермягин, Е.Е. Мельникова, М.В. Немчинова, С.Н. Харитонов // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2017. – №20 (1). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnaya-otsenka-molochnogo-skota-na-osnove-selektionnogo-indeksa>.

148. Янчуков, И.Н. Научно-практические основы системы племенной работы с молочным скотом на региональном уровне управления / И.Н. Янчуков // Дисс. ... док. с.-х. наук. – Москва: РГАЗУ, 2011. – 345 с.

149. Aleandri R. The effects of milk protein polymorphism on milk components and cheese-producing ability / R. Aleandri [et al.] // J. Dairy Sci. – 1990. – Vol. 73. – № 3. – P. 241-255.

150. Altonen, M.L. Milk renneting properties and the genetic variants of proteins / M.L. Altonen, V. Antila // Milchwissenschaft, 1987. – Vol. 42. – P. 490-492.

151. Arthur, P., Archer, J., Johnston, D., Herd, R., Richardson, E., and Parnell, P. (2001). Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle / P. Arthur, J. Archer, D. Johnston, R. Herd, E. Richardson, P. Parnell // J Anim Sci 79, 2805. –

doi:10.2527/2001.79112805x

152. Gonyon, E. Association of bovine blood and milk polymorphisms with lactation traits Holsteins / E. Gonyon // *J. Dairy Sci.* – 1987. – Vol. 70. – P. 2585-2595.

153. Ng-Kwai-Hang, K.F. Association of genetic variants of casein and milk serum proteins with milk fat and protein production by dairy cattle / K.F. Ng-Kwai-Hang // *J. Dairy Sci.* – 1984. – Vol. 67. – P. 835-840.

154. Bastian, E.D. Plasmin activity and milk coagulation / E.D. Bastian, R.J. Brown, C.A. Ernstrom // *J. Dairy Sci.* – 1991. – Vol. 74. – P. 3677-3685.

155. Bosze, Z. Improvement of the quality of milk protein by new biotechnological methods / Z. Bosze, J. Dohy // *Hungarian Agricultural Research.* – 1993. – V. 2. – №. 1. – P. 26-29.

156. Bovenhuis, H. Association between milk protein polymorphisms and milk production traits / H. Bovenhuis, J.M. Van Arendonk, S. Korver // *J. Dairy Sci.* – 1992. – Vol. 75. – P. 2549-2559.

157. Bovenhuis, H. Estimation of milk protein gene frequencies in crossbreed cattle by maximum likelihood / H. Bovenhuis // *J. Dairy Sci.* – 1991. – Vol. 74. – P. 2728-2736.

158. Brooke-Taylor, S. Systematic review of the gastrointestinal effects of A1 compared with A2 b-casein / S. Brooke-Taylor, K. Dwyer, K. Woodford // *Adv Nutr.* – 2017, – vol 8, – 739-748 p.

159. Cantalapiedra-Hijar, G., Abo-Ismael, M., Carstens, G., Guan, L., Hegarty, R., Kenny, D., et al. (2018). Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle / G. Cantalapiedra-Hijar, M. Abo-Ismael, G. Carstens, L. Guan, R. Hegarty, D. Kenny, // *Animal.* –2018. – № 12, – 1-15 p. – doi:10.1017/s1751731118001489.

160. Cornell University, University of Wisconsin-Madison, USDA-Agricultural Research Service, Dairy Forage Research Center April 30, 2004 Whole-Farm Nutrient Management on Dairy Farms to Improve Profitability and Reduce Environmental Impacts.

161. Craham, E.R. The effect of milk protein genotypes on the cheesemaking properties of milk and on the yield of cheese / E.R. Craham, D.M. Melean, P. Zviedraws // Proceedings of the 4 th Conference of the Australian Association of Animal Breeding and Genetics Adelaide. – 1984. – P. 136-137.
162. Davoli, R. Effect of k-casein genotype on the coagulation properties of milk / R. Davoli, S. Dall'Olio, V. Russo // J. Animal Breeding Genetics. – 1990. – Vol. 107. – P. 458-464.;
163. Denicourt, D. Detection of bovine K-casein genomic variants by the polymerase chain reaction method / D. Denicourt, M. Sabour, A. McAlister // Animal Genetics. – 1990. – Vol. 21. – P. 215-216.;
164. Elliott, R.B. Type I (insulindependent) diabetes mellitus and cow milk: casein variant consumption / R.B. Elliott, D.P. Harris, J.P. Hill, N.J. Bibby, H.E. Wasmuth // Diabetologia. – 1999. – Vol. 42. – P. 292-296.
165. Erhardt, G. Detection of new kappa-casein variant in milk of Pizgauer cattle / G. Erhardt // Journal Animal Genetics. – 1996. – V 27. – P. 105-107.,
166. Oloffs, K. Genetische Grundlagen der Kasereitau von Rohmilch / K. Oloffs // Dissertation. - Christian Albrechts Universität. Kil. – 1991. – P. 34.
167. Farrell, H.M. Jr., Jimenez-Florez R., Bleck G.T., Brown E.M., Butler J.E., Creamer L.K., Hicks C.L., Hollar C.M., Ng-Kwai-Hang K.F., Swaisgood H.E. Nomenclature of the proteins of cows' milk - sixth revision / H.M. Farrell Jr., R. Jimenez-Florez, G.T. Bleck, E.M. Brown, J.E. Butler, L.K. Creamer, C.L. Hicks, C.M. Hollar, K.F. Ng-Kwai-Hang, H.E. Swaisgood // J. Dairy Sci. – 2004. – Vol. 87. – P. 1641-1674.
168. Feed conversion ratio [Электронный ресурс] / From Wikipedia, the free encyclopedia. March 18. – 2022. – URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Feed\\_conversion\\_ratio](https://en.wikipedia.org/wiki/Feed_conversion_ratio).
169. Fiat, A.M. Caseins active casein peptide and physiological aspects / A.M. Fiat, P. Jolles // Mol. Cell. Biochem. – 1989. – Vol. 87. – P. 27-30.
170. Grossi, S. Effects of Heated Drinking Water on the Growth Performance and Rumen Functionality of Fattening Charolaise Beef Cattle in Winter / S. Grossi, L.

Rossi, M. Dell'Anno, S. Biffani, C.A. Sgoifo Rossi // *Animals (Basel)*. – 2021. №11(8):2218. – doi: 10.3390/ani11082218. – PMID: 34438675; PMCID: PMC8388547.

171. Ho, S., Woodford, K., Kukuljan, S., Pal, S Comparative effects of A1 versus A2 beta-casein on gastrointestinal measures: a blinded randomised cross-over pilot study / S. Ho, K. Woodford, S. Kukuljan, S. Pal // *Eur J Clin Nutr* 68:994-1000. – 2014. – Pubmed reference: 24986816. – DOI:10.1038/ejcn.2014.127.

172. Islam, M.S. Bayesian estimation of genetic variance and response to selection on linear or ratio traits of feed efficiency in dairy cattle / M.S. Islam, J. Jensen, P. Løvendahl, P. Karlskov-Mortensen, M. Shirali // *J Dairy Sci*. 2020 Oct;103(10):9150-9166. doi: 10.3168/jds.2019-17137. Epub 2020 Jul 23. PMID: 32713703.

173. Jakob, E. Effect of genetic polymorphisms on milk protein composition / E. Jakob // *Bulletin IDF* 304. –1995. – P. 7-8.

174. Kaminski S., Cieslinska A., Kostyr E. Polymorphism of bovine beta-casein and its potential effect on human health / S. Kaminski, A. Cieslinska, E. Kostyr // *J. Appl. Genet*. – 2007. – Vol. 48 (3). – P. 189-198.

175. Madureira, A.M. Factors affecting expression of estrus measured by activity monitors and conception risk of lactating dairy cows / Madureira A.M., Silper B.F., Burnett T.A., Polsky L., Cruppe L.H., Veira D.M., Vasconcelos J.L., Cerri R.L. // *J. Dairy Sci*. – 2015 – Oct;98(10):7003-14.

176. Mao, I.L.L. Effects of polymorphic milk protein genes on milk yield and composition traits in Holstein cattle / I.L.L. Mao, G. Bittazzoni, R. Aleandri // *Acta Agriculturae Scandinavica. Section A: Animal Science*. – 1992. – V. 42. – P.1-8.

177. Matsuba, K. Selection of plant oil as a supplemental energy source by monitoring rumen profiles and its dietary application in Thai crossbred beef cattle / K. Matsuba, A. Padlom, A. Khongpradit, P. Boonsaen, P. Thirawong, S. Sawanon, Y. Suzuki, S. Koike, Y. Kobayashi // *Asian-Australas J Anim Sci*. – 2019. – Feb 14;32(10):1511-1520. – doi: 10.5713/ajas.18.0946. – PMID: 31011005; PMCID: PMC6718906.

178. Mike, V. Taking control of feed conversion ratio / V. Mike // For Pig Progress. – 2009. URL: <https://www.pigprogress.net/pigs/taking-control-of-feed-conversion-ratio>.
179. Moore, S., Mujibi, F., and Sherman, E. (2009). Molecular basis for residual feed intake in beef cattle / S. Moore, F. Mujibi, E. Sherman // J Anim Sci. – 2009. – doi:10.2527/jas.2008-1418.
180. National Research Council (Subcommittee on Environmental Stress). 1981. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. National Academy Press, Washington. 168 pp.
181. Pal, S. Milk intolerance, beta-casein and lactose / S. Pal, K. Woodford, S. Kukulian // Nutrients. – 2015. – Vol 7, -7285-7297.
182. Schaar, J. Effects of kappa-casein genetic variants and lactation number on the renneting properties of individual milks / J. Schaar // Journal of Dairy Research. - 1984. - V. 51. - P. 397-406.
183. Tao, H. Effect of *Broussonetia papyrifera* L. silage on blood biochemical parameters, growth performance, meat amino acids and fatty acids compositions in beef cattle / H. Tao, B. Si, W. Xu, Y. Tu, Q. Diao // Asian-Australas J Anim Sci. – 2020. – №33(5):732-741. – doi: 10.5713/ajas.19.0150. Epub 2019 Oct 21. PMID: 32054236; PMCID: PMC7206392.
184. Tyulkin, S. Technological properties of milk of cows with different genotypes of kappa-casein and beta-lactoglobulin / Tyulkin S., Vafin R., Zagidullin L., Akhetov T., Petrov A., and Diel F. // Foods and Raw Materials. – 2018. – vol. 6, no. 1, pp. 154–162. – DOI 10.21603/2308-4057 – 2018–1–154–162. DOI 10.21603/2308-4057-2018-1-154-162.
185. Vagerud, G.E. Cow milk protein genotypes: quality and stability of raw milk, pasteurized and fermented milk / G. E. Vagerud, et al. // International Dairy Journal. 1999. – V.9. – P.399-400.
186. Walawski, S. Beta-lactoglobulin and kappa-casein polymorphism in relation to production traits and technological properties of milk in the herd of Polish Black-and-White cows / S. Walawski, G. Sowwinski, U. Czrnik // Genet. Pol. – 1994. –

V.35. – № 1-2. – P. 93-108.

187. Weaber, R. L. (Bob) Introduction to Indexes / Robert L. (Bob) Weaber // J. Anim. Sci. – 2010. – 65. – P. 211-224.

188. Weigel K.A. Cow longevity: how traits enhance of reduce a cow's live [Text]\* / K.A. Weigel // Hoard's Dairyman – 2002. – Vol. – 25– P. 244.

189. Weigel, K.A. Adjustment for heterogeneous variance in genetic evaluation for conformation of United States [Text]\* / K.A. Weigel, T.J. Lawlor. // J. Dairy Sci. – 1994. – Vol. – 77 – P. 1691-1701.

190. Weigel, K.A. Cow longevity: how traits enhance of reduce a cow's live [Text]\* / K.A. Weigel // Hoard's Dairyman. – 2002. – Vol. 25– P. 244.;

191. Wiggans, G.R. NCDHIP participation as of January 1, 1997 [Text]\* / G.R. Wiggans // National Cooperative Dairy Herd Improvement Program Handbook, Fact Sheet K-1 Extension Service, US Department of Agriculture. Washington DS. – 1997. – P 32-35.

192. Zamani, P. Efficiency of Lactation / Milk production – an up-to-date overview of animal nutrition, management and health / P. Zamani // Publisher: InTech, Editors: Narongsak Chaiyabutr. – 2012. – pp.139-150. – DOI: 10.5772/50772.

193. Zittle C.A. Variability of technological properties of milk with the different maintenance of casein / C.A. Zittle // J. of Dairy Science. – 1962. – Vol. 45, № 7. – P. 807-816.



# **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Акты о внедрении результатов научного исследования



### АКТ

о внедрении результатов научного исследования  
Чаицкого Алексея Александровича

Мы, нижеподписавшиеся, главный ветеринарный врач Шешина Е.А., главный зоотехник Черепенина Ю.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой частной зоотехнии, разведения и генетики ФГБОУ ВО Костромской ГСХА Баранова Н.С., аспирант направления подготовки 36.06.01 Ветеринария и зоотехния, направленности «Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных» Чаицкий А.А. составили настоящий акт о том, что результаты научно-квалификационной работы (диссертации) на тему «Научно-практическое обоснование повышения уровня реализации биологического потенциала крупного рогатого скота костромской породы» Чаицкого А.А., внедрены и нашли практическое применение в производственной деятельности предприятия СПК колхоз «Родина» Красносельского района Костромской области.

По итогам работы достигнуты следующие результаты:

Установлено, что эффективным способом повышения уровня реализации биологического потенциала коров костромской породы, и, как следствие, увеличения объемов и качества производимой продукции, является отбор животных с учетом их генотипа по генам бета-казеина ( $\beta$ -CN) и каппа-казеина ( $\kappa$ -CN) и величины коэффициентов – БЭК (коэффициент биологической эффективности коров), КБП (коэффициент биологической полноценности молока), FCR (коэффициент конверсии корма) и GFE (валовая эффективность использования кормов). В ходе исследования установлен высокий уровень реализации биологического потенциала коров костромской породы генотипов  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> с тенденцией к увеличению их количественных и качественных показателей молочной продуктивности. Кроме того, обнаружена взаимосвязь величины этих показателей с долей кровности по улучшающей породе, возрастом, возрастом первого плодотворного осеменения, живой массой при первом плодотворном осеменении, продолжительностью сервис-периода и воспроизводительной способностью.

Анализ частоты встречаемости аллелей и генотипов коров костромской породы показал, что желательный генотип  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> идентифицирован у 51,00% исследуемого поголовья, при этом в данной выборке аллель  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> регистрировался в геноме 71,00%, а аллель  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> у 29,00% животных. При исследовании частоты встречаемости аллелей и генотипов гена  $\kappa$ -CN наиболее часто встречался  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> (54,00% изучаемой выборки), при этом аллель  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> зафиксирован у 65,00% коров, а аллель  $\kappa$ -CN<sup>A</sup> – у 46,00% животных.

В ходе исследований было установлено, что содержание сухого вещества (СВ) в молоке коров на 20,00% зависит от генотипа  $\beta$ -CN ( $P < 0,05$ ). При этом содержание сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) на 18,00%, а коэффициент КБП – на 20,00% обусловлены долей кровности по улучшающей породе ( $P < 0,05$ ). Животные с долей кровности менее 49% по улучшающей швицкой породе имели наиболее высокие показатели уровня реализации биологического потенциала и молочной продуктивности. Так, коровы с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и кровностью менее 49% превосходили сверстниц с кровностью более 50% по удою на 15,00%, по БЭК – на 27,16%, а по КБП – на 23,62%. В то время как особи с

генотипом  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  и долей крови менее 49% превосходили сверстниц с кровностью более 50% по удою на 12,50%, по СОМО – на 19,00%, по СВ – на 9,00%, по БЭК – на 23,91%, по КБП – на 20,15% и по FCR – на 15,00%.

Показатели молочной продуктивности коров с генотипом  $\beta\text{-CN}^{\text{A1A2}}$  и  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$  регистрировались на высоком уровне на протяжении 3-х и более лактаций и имели положительную динамику. Так, удои полновозрастных коров  $\beta\text{-CN}^{\text{A1A2}}$  и  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$  были больше, чем у первотелок на 19,00% и 15,00% соответственно. Превосходство полновозрастных животных с генотипом  $\beta\text{-CN}^{\text{A1A2}}$  над первотелками по FCR составило 21,00%, а у коров  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$  – 15,00%. При этом среди носителей генотипа  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  разница между первотелками и полновозрастными составила 9,00% в пользу последних.

Содержание сухого вещества в молоке на 19,00% зависело от массы при первом осеменении ( $P < 0,05$ ). Так, особи с генотипом  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  и массой при первом осеменении 400-420 кг превосходили коров с массой более 420 кг по СВ на 9,00%, а показатели FCR и GFE животных с генотипом  $\kappa\text{-CN}^{\text{AB}}$  и массой более 420 кг превышали показатели коров с массой меньше 400 кг на 16,00% и 14,00% соответственно.

Осеменение коров в возрасте более 20 мес. и менее 18 мес. отрицательно влияло на уровень реализации биологического потенциала и показатели молочной продуктивности животных. Так, особи с генотипом  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$ , осемененные в возрасте 18-20 мес. превосходили животных, осемененных в возрасте более 20 мес., по СОМО на 11,00% и по БЭК – на 22,15%, а коров, покрытых до 18 мес., по СОМО – на 11,00%, по КБП – на 28,00% и по FCR – на 16,00%.

Выявлена тенденция к увеличению показателей молочной продуктивности и уровня реализации биологического потенциала животных в геноме которых имеется аллель  $\beta\text{-CN}^{\text{A2}}$  и  $\kappa\text{-CN}^{\text{B}}$ , при соблюдении оптимальной продолжительности сервис-периода. Наибольший коэффициент БЭК был у животных с генотипом  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$  и  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  –  $133,44 \pm 7,83\%$  и  $126,45 \pm 11,40\%$  соответственно при продолжительности сервис-периода менее 90 дней. В молоке коров с генотипом  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  с продолжительностью сервис-периода менее 90 дней содержание сухого вещества было на 8% больше, чем у особей с сервис-периодом более 110 дней.

Также выявлено, что у коров с генотипом  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$  и  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  на фоне повышенной продуктивности величина коэффициентов воспроизводительной способности ИВС, КВС и Дохи оставалась на сравнительно высоком уровне, что свидетельствует о сохранении воспроизводительных качеств животных с данным генотипом. В особенности данная тенденция прослеживается у коров с долей кровности менее 49% по улучшающей швейцарской породе.

Расчет экономической эффективности показал, что разница в прибыли от реализации дополнительной продукции животных с генотипом  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$  была на 8,00% больше, чем у  $\beta\text{-CN}^{\text{A1A1}}$  и на 7,00% больше, чем у  $\beta\text{-CN}^{\text{A1A2}}$ . Прибыль от реализации дополнительной продукции животных  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  была на 18,00% больше, чем у животных с генотипом  $\kappa\text{-CN}^{\text{AA}}$  и на 5,00% больше, чем у  $\kappa\text{-CN}^{\text{AB}}$ .

Результаты исследования будут приняты во внимание при составлении планов селекционно-племенной работы с целью повышения уровня реализации биологического потенциала коров, и, как следствие, увеличения объемов и качества производимой продукции.

«25» февраля 2022 г.			
	подпись		расшифровка подписи
«25» февраля 2022 г.			
	подпись		расшифровка подписи
«25» февраля 2022 г.			
	подпись		расшифровка подписи
«25» февраля 2022 г.			
	подпись		расшифровка подписи





УТВЕРЖДАЮ

Председатель СПК «Гридино»  
Красносельского района Костромской области

*Андреев Е.А.*  
подпись / Андреев Е.А. /  
ФИО

М.П. « 28 » *февраля* 20 22 г.

## АКТ

о внедрении результатов научного исследования  
Чаицкого Алексея Александровича

Мы, нижеподписавшиеся, главный ветеринарный врач Шадрина Т.М., главный зоотехник Дубинова С.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой частной зоотехнии, разведения и генетики ФГБОУ ВО Костромской ГСХА Баранова Н.С., аспирант направления подготовки 36.06.01 Ветеринария и зоотехния, направленности «Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных» Чаицкий А.А. составили настоящий акт о том, что результаты научно-квалификационной работы (диссертации) на тему «Научно-практическое обоснование повышения уровня реализации биологического потенциала крупного рогатого скота костромской породы» Чаицкого А.А., внедрены и нашли практическое применение в производственной деятельности предприятия СПК «Гридино» Красносельского района Костромской области.

По итогам работы достигнуты следующие результаты:

Установлено, что эффективным способом повышения уровня реализации биологического потенциала коров костромской породы, и, как следствие, увеличения объемов и качества производимой продукции, является отбор животных с учетом их генотипа по генам бета-казеина ( $\beta$ -CN) и каппа-казеина ( $\kappa$ -CN) и величины коэффициентов – БЭК (коэффициент биологической эффективности коров), КБП (коэффициент биологической полноценности молока), FCR (коэффициент конверсии корма) и GFE (валовая эффективность использования кормов). В ходе исследования установлен высокий уровень реализации биологического потенциала коров костромской породы генотипов  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> с тенденцией к увеличению их количественных и качественных показателей молочной продуктивности. Кроме того, обнаружена взаимосвязь величины этих показателей с долей кровности по улучшающей породе, возрастом, возрастом первого плодотворного осеменения, живой массой при первом плодотворном осеменении, продолжительностью сервис-периода и воспроизводительной способностью.

Анализ частоты встречаемости аллелей и генотипов показал, что желательный генотип  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> идентифицирован у 60,00% исследуемого поголовья, при этом в данной выборке коров-носителей генотипа  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> не было обнаружено. Аллель  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> регистрировался в геноме 80,00% животных, а аллель  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> лишь у 20,00%. При исследовании частоты встречаемости аллелей и генотипов гена  $\kappa$ -CN наиболее часто определялся  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> (38,00% изучаемой выборки), при этом аллель  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> зафиксирован у 53,00% коров, а аллель  $\kappa$ -CN<sup>A</sup> – у 47,00% животных.

В ходе исследований установлено, что объем молочной продуктивности коров изучаемой выборки на 28,00%, а содержание жира в молоке на 33,00% зависит от генотипа  $\kappa$ -CN ( $P < 0,05$ ). Также величина коэффициентов КБП на 22,00% и FCR на 43,00% обусловлена генотипом гена  $\kappa$ -CN ( $P < 0,05$ ). Так, удои животных с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> были на 18,00% больше, чем у носителей  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup>, разница по МДЖ составила 14,00%, по коэффициенту FCR – 21,00% и по GFE – 19,00% также в пользу особей с  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>. Это свидетельствует о том, что  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> является маркером, ассоциированным с высокой молочной продуктивностью. Также было установлено, что содержание жира в молоке коров на 24,00% определяется долей

кровности по улучшающей швицкой породе, а содержание сухого вещества в молоке – на 23,00% ( $P < 0,05$ ).

Показатели молочной продуктивности коров с генотипом  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$  сохранялись на высоком уровне на протяжении 3-х и более лактаций и имели положительную динамику. Так, удой полновозрастных коров с данным генотипом были больше на 14,00%, FCR – на 16,00%, GFE – на 15,00% по сравнению с первотелками.

Выявлена тенденция к увеличению показателей молочной продуктивности и уровня реализации биологического потенциала животных, в геноме которых имеется аллель  $\beta\text{-CN}^{\text{A2}}$  и  $\kappa\text{-CN}^{\text{B}}$ , при соблюдении оптимальной продолжительности сервис-периода. Наибольший коэффициент БЭК был у животных с генотипом  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$  и  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  –  $145,20 \pm 8,83\%$  и  $144,38 \pm 20,21\%$  соответственно при продолжительности сервис-периода 90-110 дней. Также были обнаружены достоверные различия в показателях особей с генотипом  $\beta\text{-CN}^{\text{A1A2}}$ . У коров этой группы с продолжительностью сервис-периода менее 90 дней коэффициент БЭК был на 26,35% больше, чем у животных с сервис-периодом более 110 дней.

Осеменение коров в возрасте более 20 мес. отрицательно сказывалось на уровне реализации биологического потенциала и показателях молочной продуктивности животных. При этом коровы с генотипом  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  при возрасте первого осеменения 18-20 мес. превосходили по БЭК на 24,55% коров, осемененных в возрасте более 20 мес.

Также выявлено, что у коров с генотипом  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$  и  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  на фоне повышенной продуктивности величина коэффициентов воспроизводительной способности ИВС, КВС и Дохи оставалась на сравнительно высоком уровне, что свидетельствует о сохранении воспроизводительных качеств животных с данным генотипом. В особенности данная тенденция прослеживается у коров с долей кровности менее 49% по улучшающей швицкой породе. При этом на 20,00% величина ИВС у животных была обусловлена уровнем продуктивности животных ( $P < 0,05$ ).

Расчет экономической эффективности показал, что разница в прибыли от реализации дополнительной продукции между генотипами  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$  и  $\beta\text{-CN}^{\text{A1A2}}$  составила 5,00% в пользу  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$ . Прибыль от реализации дополнительной продукции коров с генотипом  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  была больше на 41,00% и 28,00%, чем у животных с генотипом  $\kappa\text{-CN}^{\text{AA}}$  и  $\kappa\text{-CN}^{\text{AB}}$  соответственно.

Результаты исследования будут приняты во внимание при составлении планов селекционно-племенной работы с целью повышения уровня реализации биологического потенциала коров, и, как следствие, увеличения объемов и качества производимой продукции.

«28» февраля 2022 г.	 подпись		 расшифровка подпись
«28» февраля 2022 г.	 подпись		 расшифровка подпись
«28» февраля 2022 г.	 подпись		 расшифровка подпись
«28» февраля 2022 г.	 подпись		 расшифровка подпись





УТВЕРЖДАЮ

Врио проректора

по научно-исследовательской работе  
ФГБОУ ВО Костромской ГСХА/ Иванов С.В. /  
ФИОМ.П. 28 » февраля 2012 г.

## АКТ

о внедрении результатов научного исследования

Чаицкого Алексея Александровича

Мы, нижеподписавшиеся, заведующий региональным информационно-селекционным центром (РИСЦ) Кузьменков И.И., заместитель заведующего РИСЦ Королев А.А., селекционер-зоотехник РИСЦ по племенной работе Королева Е.А., заведующий лабораторией генетики и ДНК технологий Сабетова К.Д., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой частной зоотехнии, разведения и генетики ФГБОУ ВО Костромской ГСХА Баранова Н.С., аспирант направления подготовки 36.06.01 Ветеринария и зоотехния, направленности «Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных» Чаицкий А.А. составили настоящий акт о том, что результаты научно-квалификационной работы (диссертации) на тему «Научно-практическое обоснование повышения уровня реализации биологического потенциала крупного рогатого скота костромской породы» Чаицкого А.А., внедрены и нашли практическое применение в производственной деятельности предприятия СПК колхоз «Родина» Красносельского района Костромской области.

По итогам работы достигнуты следующие результаты:

Установлено, что эффективным способом повышения уровня реализации биологического потенциала коров костромской породы, и, как следствие, увеличения объемов и качества производимой продукции, является отбор животных с учетом их генотипа по генам бета-казеина ( $\beta$ -CN) и каппа-казеина ( $\kappa$ -CN) и величины коэффициентов – БЭК (коэффициент биологической эффективности коров), КБП (коэффициент биологической полноценности молока), FCR (коэффициент конверсии корма) и GFE (валовая эффективность использования кормов). В ходе исследования установлен высокий уровень реализации биологического потенциала коров костромской породы генотипов  $\beta$ -CNA2A2 и  $\kappa$ -CNBB с тенденцией к увеличению их количественных и качественных показателей молочной продуктивности. Кроме того, обнаружена взаимосвязь величины этих показателей с долей кровности по улучшающей породе, возрастом, возрастом первого плодотворного осеменения, живой массой при первом плодотворном осеменении, продолжительностью сервис-периода и воспроизводительной способностью.

Анализ частоты встречаемости аллелей и генотипов у коров костромской породы в СПК «Гридино» и СПК колхоз «Родина» показал, что желательный генотип  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> идентифицирован у 56% исследуемого поголовья, при этом доля коров-носителей генотипа  $\beta$ -CN<sup>A1A1</sup> составила 5%. Аллель  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> регистрировался в геноме 76% животных, а аллель  $\beta$ -CN<sup>A1</sup> лишь у 20%. При исследовании частоты встречаемости аллелей и генотипов гена каппа-казеина у коров костромской породы наиболее часто встречался  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>, составив 47% изучаемой выборки, при этом аллель  $\kappa$ -CN<sup>B</sup> зафиксирован у 60% животных.

В ходе исследований было установлено, что объем молочной продуктивности коров изучаемой выборки на 28%, содержание жира в молоке на 33% и содержание сухого вещества в молоке коров на 20% зависит от генотипов  $\kappa$ -CN ( $P < 0,05$ ). Также величина коэффициентов КБП на 22% и FCR на 43% обусловлена генотипами гена  $\kappa$ -CN ( $P < 0,05$ ). Так, в стаде СПК «Гридино» удои животных  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> были на 18% больше, чем у  $\kappa$ -CN<sup>AA</sup>, разница по МДЖ составила 14%, по коэффициенту FCR – 21% и по коэффициенту GFE – 19% также в пользу особей  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>. Это свидетельствует о том, что  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> является маркером, ассоциированным с высокой молочной продуктивностью.

Также было установлено, что содержание жира (на 24%) и сухого вещества (на 18-23%) в молоке коров обусловлено долей кровности по улучшающей швицкой породе ( $P < 0,05$ ). В СПК колхоз «Родина» коровы с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и кровностью менее 49% превосходили сверстниц с кровностью более 50% по удою на 15%, по БЭК на 27,16%, а по КБП на 23,62%. В то время как особи с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> и долей крови менее 49% превосходили сверстниц с кровностью более 50% по удою на 12,5%, по сухому обезжиренному молочному остатку (СОМО) – на 19%, по содержанию сухого вещества в молоке (СВ) – на 9%, по БЭК – на 23,91%, по КБП – на 20,15% и по FCR – на 15%.

Показатели молочной продуктивности коров, в геноме которых находится аллель  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>B</sup>, были на высоком уровне на протяжении 3-х и более лактаций и имели положительную динамику. Так, удои полновозрастных коров СПК «Гридино» с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> были больше на 14%, FCR – на 16%, а GFE – на 15% по сравнению с первотелками. В стаде СПК «Родина» наблюдалась аналогичная тенденция. Удои полновозрастных коров  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> были на 19%, а  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> на 15% больше, чем у первотелок. Превосходство полновозрастных животных  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> над первотелками по FCR составило 21%, а у  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> – 15%. При этом у группы животных  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> разница между первотелками и полновозрастными по FCR составила 9% в пользу последних.

Содержание сухого вещества в молоке исследуемых коров на 19% зависело от массы при первом осеменении ( $P < 0,05$ ). Так, в стаде СПК колхоз «Родина» особи с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> и массой при первом осеменении 400-420 кг превосходили животных с массой более 420 кг по СВ на 9%. Животные с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>AB</sup> и массой более 420 кг превосходили животных с массой менее 400 кг по FCR на 16% и по GFE – на 14%.

Осеменение коров в возрасте более 20 мес. и менее 18 мес. также негативно влияло на показатели молочной продуктивности и уровень реализации биологического потенциала животных всех групп. В СПК «Гридино» коровы с генотипом  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> при возрасте первого осеменения 18-20 мес. превосходили особей, осемененных в возрасте более 20 мес., по БЭК на 24,55%. В СПК колхоз «Родина» коровы-носители  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup>, осемененные в возрасте 18-20 мес. превосходили животных, осемененных в возрасте более 20 мес., по СОМО на 11% и по БЭК – на 22,15%, а коров, покрытых до 18 мес., по СОМО – на 11%, по КБП – на 28% и по FCR – на 16%.

Выявлена тенденция к увеличению показателей молочной продуктивности и уровня реализации биологического потенциала животных, в геноме которых имеется аллель  $\beta$ -CN<sup>A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>B</sup>, при соблюдении оптимальной продолжительности сервис-периода. В СПК «Гридино» наибольший коэффициент БЭК был у животных с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A2A2</sup> и  $\kappa$ -CN<sup>BB</sup> –  $145,20 \pm 8,83\%$  и  $144,38 \pm 20,21\%$  соответственно при продолжительности сервис-периода 90-110 дней. Среди особей с генотипом  $\beta$ -CN<sup>A1A2</sup> и продолжительностью сервис-периода менее 90 дней коэффициент БЭК был на 26,35% больше, чем у животных с сервис-периодом более 110 дней. В СПК колхоз «Родина» наибольший коэффициент БЭК был у животных с

генотипом  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$  и  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  –  $133,44 \pm 7,83\%$  и  $126,45 \pm 11,40\%$  соответственно при продолжительности сервис-периода менее 90 дней. У коров-носителей  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  и продолжительностью сервис-периода менее 90 дней содержание сухого вещества в молоке было на 8% больше, чем у особей с сервис-периодом более 110 дней.

Также выявлено, что у коров с генотипом  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$  и  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  на фоне повышенной продуктивности, величина коэффициентов воспроизводительной способности ИВС, КВС и Дохи оставалась на сравнительно высоком уровне, что свидетельствует о сохранении воспроизводительных качеств животных с данным генотипом. В особенности данная тенденция прослеживается у коров с долей кровности менее 49% по улучшающей швицкой породе. Однако на 20% величина ИВС у исследуемых коров была обусловлена уровнем продуктивности ( $P < 0,05$ ).

Расчет экономической эффективности показал, что в стаде СПК «Гридино» разница в прибыли от реализации дополнительной продукции между генотипами  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$  и  $\beta\text{-CN}^{\text{A1A2}}$  составила 5% в пользу  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$ . При этом прибыль от реализации дополнительной продукции коров с генотипом  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  была на 41% больше, чем у животных с генотипом  $\kappa\text{-CN}^{\text{AA}}$  и на 28% больше, чем у  $\kappa\text{-CN}^{\text{AB}}$ . В СПК колхоз «Родина» прибыль от реализации дополнительной продукции животных с генотипом  $\beta\text{-CN}^{\text{A2A2}}$  была на 8% больше, чем у  $\beta\text{-CN}^{\text{A1A1}}$  и на 7% больше, чем у  $\beta\text{-CN}^{\text{A1A2}}$ . Разница в прибыли от реализации дополнительной продукции животных с генотипом  $\kappa\text{-CN}^{\text{BB}}$  была на 18% больше, чем у животных  $\kappa\text{-CN}^{\text{AA}}$  и на 5% больше, чем у  $\kappa\text{-CN}^{\text{AB}}$ .

Результаты исследования будут приняты во внимание при составлении планов селекционно-племенной работы с целью повышения уровня реализации биологического потенциала коров, и, как следствие, увеличения объемов и качества производимой продукции на предприятиях Костромской области.

«28»	02	2021	г.			
				подпись		расшифровка подписи
«28»	02	2022	г.			
				подпись		расшифровка подписи
«28»	02	2022	г.			
				подпись		расшифровка подписи
«28»	02	2022	г.			
				подпись		расшифровка подписи
«28»	02	2021	г.			
				подпись		расшифровка подписи
«28»	02	2022	г.			
				подпись		расшифровка подписи



## Материалы о внедрении результатов диссертационной работы в учебный процесс

«УТВЕРЖДАЮ»

ректор ФГБОУ ВО ОГАУ,  
кандидат биологических наук,  
доцент Гончаров А.Г.



2022 г.

### КАРТА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Результаты научных исследований Чаицкого Алексея Александровича по теме кандидатской диссертации «Научно-практическое обоснование повышения уровня реализации биологического потенциала крупного рогатого скота костромской породы» внедрены в учебный процесс и используются в научно-исследовательской работе на кафедре технологии производства и переработки продукции животноводства.

Материалы рассмотрены и одобрены на заседании кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства (протокол заседания кафедры № 15 от « 09 » июня 2022 года).

/ Зав. кафедрой

Мустафин Р.З.

Адрес: 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18.

Тел. (3532)775939

E-mail: Kaf13@orensau.ru

**ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

$\beta$ -CN, CSN2 – ген бета-казеина

к-CN, CSN3 – ген каппа-казеина

ПЦР-РВ – полимеразная цепная реакция в реальном времени

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота

ЭДТА К2 – этилендиаминтетрауксусная кислота

СВ – сухое вещество молока

СОМО – сухой обезжиренный молочный остаток

МДЖ – массовая доля жира

МДБ – массовая доля белка

БЭК – коэффициент биологической эффективности

КПБ – коэффициент биологической полноценности использования коров

FCR – кормовой коэффициент

GFE – валовая эффективность использования кормов

ИВС – индекс воспроизводительной способности

КВС – коэффициент воспроизводительной способности